

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARRETE PARA ENROLLAR**  
**ALAMBRE DE CONEXIÓN ELÉCTRICA TIPO ACAR CALIBRE 750**  
**MCM**

**AUTORES:**  
**DIEGO IVÁN GUALLICHICO NASIMBA**  
**DANIEL AUGUSTO PICO DE LA TORRE**

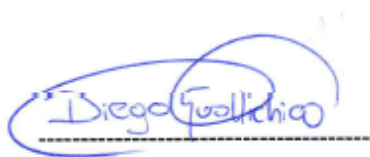
**DOCENTE TUTOR:**  
**RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARZOSA**

**Quito, abril de 2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Guallichico Nasimba Diego Iván, con documento de identificación N°. 171986304-3 y Pico De La Torre Daniel Augusto, con documento de identificación N°. 171503219-7, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación intitulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARRETE PARA ENROLLAR ALAMBRE DE CONEXIÓN ELÉCTRICA TIPO ACAR CALIBRE 750 MCM”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Guallichico Nasimba Diego Iván

C.I. 171986304-3



Pico De La Torre Daniel Augusto

C.I. 171503219-7

Quito, abril de 2018

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARRETE PARA ENROLLAR ALAMBRE DE CONEXIÓN ELÉCTRICA TIPO ACAR CALIBRE 750 MCM”**, realizado por Guallichico Nasimba Diego Iván y Pico De La Torre Daniel Augusto, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como Trabajo Final de Titulación.

Quito, abril de 2018



Quitiaquez Sarsoza Rene Patricio

C.I. 171059726-9

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por ser mi guía, a mi padre Gustavo por el apoyo constante y de manera muy especial a mi madre Susana quien creyó en mí y nunca dejó de apoyarme cuando existían momentos difíciles.

A mis hermanos Paúl, Gaby y Luis por el constante apoyo y que vean en mí, un ejemplo de constante lucha y superación en alcanzar las metas propuestas.

Finalmente a mis sobrinos queridos Johan y Elían y demás personas que directa e indirectamente fueron parte en alcanzar esta meta.

*Nunca dejes de soñar, haz que ese sueño se haga realidad.*

**Diego**

A Dios por ser mi guía, mi refugio y la fuerza intensa que nunca me ha abandonado; a mi madre Gladys y a mi esposa Maritza, pilares fundamentales en mi vida, quienes han velado por mi bienestar y me han impulsado para que culmine mi carrera universitaria.

A mi hermana María Fernanda por su apoyo incondicional en cada momento.

De manera muy especial a mis hijas Danna y Maite por ser el motivo de superación, lucha y perseverancia de cada día.

Por último a cada una de las personas que fueron parte de este logro de una u otra forma.

**Daniel**

## **AGRADECIMIENTO**

A la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana y en particular a la Facultad de Ingenierías por habernos abierto las puertas de la carrera de Ingeniería Mecánica.

A nuestro distinguido tutor, el Ingeniero René Patricio Quitiaquez Sarsoza por su dirección, soporte y confianza depositada en nosotros durante toda la realización del proyecto.

A todos los docentes quienes durante nuestra formación académica nos impartieron las distintas asignaturas y conocimientos.

Al señor Luis Paucar, gerente de Industrias Metálicas “SITEC” por ser el patrocinador del presente trabajo.

Y a todas las personas que siempre estuvieron dándonos su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>20</b>
1. GENERALIDADES.....	20
<b>1.1. Objetivos.....</b>	<b>20</b>
1.1.1. Objetivo General.....	20
1.1.2. Objetivos Específicos .....	20
1.2. Alcance .....	21
1.3. Antecedentes .....	21
1.4. Carrete .....	22
<b>1.4.1. Tipos de carretes.....</b>	<b>22</b>
1.4.2. Carrete metálico .....	23
1.4.3. Carrete de madera.....	23
1.4.4. Dimensiones de los carretes .....	24
1.4.5. Procedimiento para el enrollado del cable.....	27

1.4.6. Manipulación del carrete .....	30
1.4.7. Izado de bobinas mediante grúas.....	30
1.4.8. Transporte mediante carretilla elevadora .....	31
1.4.9. Carga y descarga del camión o plataforma de transporte.....	31
1.4.10. Rodadura sobre el suelo .....	32
1.4.11. Apilamiento del carrete .....	33
<b>1.5. Tipos de carretes metálicos.....</b>	<b>33</b>
1.5.1. Carretes con flanches de pared singular .....	33
1.5.2. Carretes con flanches dobles inoxidable .....	34
1.5.3. Carretes para cable y cuerda.....	34
<b>1.6. Análisis de alternativas .....</b>	<b>35</b>
1.6.1. Capacidad de almacenamiento .....	35
1.6.2. Facilidad de mantenimiento .....	36
1.6.3. Vida útil.....	36
1.6.4. Materiales y costos de construcción .....	37
1.7. Selección de la alternativa más conveniente para el caso de estudio .....	37
1.8. Principio para la selección de un carrete para cable y cuerda .....	39
1.9. Partes de un carrete.....	39
1.10. El Acero de transmisión A-36 .....	40
<b>1.11. Ensamblaje.....</b>	<b>41</b>
1.11.1. Soldadura por arco eléctrico (SMAW-ELÉCTRICA) .....	41

1.11.2. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular (GMAW-MIG) .....	42
1.12. Diseño del carrete .....	43
1.13. Cilindros de pared delgada .....	43
1.14. Conductor a ser enrollado y almacenado .....	44
<b>1.15. Formulación para el diseño .....</b>	<b>45</b>
1.16. Cálculo del esfuerzo de torsión .....	47
1.17. Cálculo del esfuerzo de flexión .....	47
1.18. Cálculo del factor de seguridad estático .....	49
1.19. Diseño dinámico .....	50
1.20. Cálculo de límite de resistencia a la fatiga del cilindro .....	50
1.21. Cálculo del factor de seguridad dinámico .....	51
1.22. Cálculo del cilindro a compresión .....	52
1.23. Cálculo de la soldadura en el cilindro del carrete .....	54
1.24. Cálculo de la junta soldada del soporte central .....	55
1.25. Cálculo del factor de seguridad en la junta soldada .....	57
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>59</b>
<b>2. DISEÑO .....</b>	<b>59</b>
2.1. Determinación del peso total del cable .....	59
2.2. Diagrama de cuerpo libre del carrete .....	60
2.3. Diseño del cilindro .....	62
2.3.1. Diseño estático .....	63



2.3.2. Factor de seguridad estático .....	64
2.3.3. Diseño dinámico.....	65
2.3.4. Factor de seguridad dinámico.....	68
2.4. Diseño del cilindro a compresión .....	68
2.5. Cálculo de la soldadura en el cilindro .....	71
2.6. Cálculo de la junta soldada del soporte central del cilindro.....	72
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>77</b>
<b>3.1. Costos y simulación del carrete .....</b>	<b>77</b>
3.1.1. Costos directos .....	77
3.1.2. Costos de materia prima .....	77
3.1.3. Costo de mano de obra .....	78
3.1.4. Costos indirectos .....	79
3.1.5. Costo de producción.....	79
3.1.6. Costos de ingeniería .....	79
3.1.7. Costos imprevistos .....	80
3.1.8. Costo total unitario .....	80
3.1.9. Margen de ganancia.....	81
3.1.10. Cálculo de la TIR y el VAN.....	81
3.2. Comparación de los modelos antiguo y actual del carrete .....	84
3.2.1. Construcción del modelo antiguo.....	84
3.2.2. Construcción del modelo actual .....	87

3.2.3. Resumen de comparación.....	91
<b>3.3. Simulación del carrete.....</b>	<b>92</b>
3.3.1. Simulación de esfuerzos .....	93
3.3.2. Deformación total.....	93
3.3.3. Tensiones.....	94
3.3.4. Desplazamientos.....	94
3.3.5. Factor de seguridad .....	95
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Carrete metálico.....	23
<b>Figura 2.</b> Carrete de madera .....	24
<b>Figura 3.</b> Dimensiones de los carretes de madera .....	25
<b>Figura 4.</b> Dimensiones de los carretes metálicos .....	26
<b>Figura 5.</b> Máquina bobinadora.....	27
<b>Figura 6.</b> Operación de la máquina bobinadora .....	28
<b>Figura 7.</b> Izado de los carretes .....	30
<b>Figura 8.</b> Transporte mediante carretilla elevadora .....	31
<b>Figura 9.</b> Carga y descarga del carrete .....	32
<b>Figura 10.</b> Desplazamiento del carrete .....	32
<b>Figura 11.</b> Almacenamiento de los carretes .....	33
<b>Figura 12.</b> Carrete de pared singular.....	34
<b>Figura 13.</b> Carrete con flanches dobles inoxidable .....	34
<b>Figura 14.</b> Carrete para cable y cuerda .....	35
<b>Figura 15.</b> Partes del carrete.....	39
<b>Figura 16.</b> Soldadura por arco eléctrico .....	42
<b>Figura 17.</b> Soldadura con alambre tubular .....	43
<b>Figura 18.</b> Diámetros, radios y espesores de pared del cilindro .....	44
<b>Figura 19.</b> Cálculo de la capacidad del carrete .....	59
<b>Figura 20.</b> Diagrama del cuerpo libre .....	60
<b>Figura 21.</b> Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el cilindro .....	61
<b>Figura 22.</b> Diámetros del cilindro .....	62
<b>Figura 23.</b> Dimensiones del cilindro .....	68

<b>Figura 24.</b> Valores de k teóricos y prácticos .....	69
<b>Figura 25.</b> Determinación de soldadura en el cilindro .....	73
<b>Figura 26.</b> Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector en la junta soldada .....	73
<b>Figura 27.</b> Construcción del carrete antiguo .....	85
<b>Figura 28.</b> Construcción del carrete actual.....	88
<b>Figura 29.</b> Estado de cargas .....	93
<b>Figura 30.</b> Deformación total del carrete .....	93
<b>Figura 31.</b> Tensiones en el carrete .....	94
<b>Figura 32.</b> Desplazamientos en el carrete .....	95
<b>Figura 33.</b> Factor de seguridad en el carrete .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos del fabricante de la máquina bobinadora .....	27
<b>Tabla 2.</b> Características técnicas de la máquina bobinadora.....	27
<b>Tabla 3.</b> Ponderaciones para la capacidad de almacenamiento.....	36
<b>Tabla 4.</b> Ponderaciones para la facilidad de mantenimiento .....	36
<b>Tabla 5.</b> Ponderaciones para la vida útil .....	36
<b>Tabla 6.</b> Ponderaciones para costos de construcción .....	37
<b>Tabla 7.</b> Alternativas de carretes .....	37
<b>Tabla 8.</b> Factor de ponderación por parámetro .....	38
<b>Tabla 9.</b> Resumen de análisis de alternativas .....	38
<b>Tabla 10.</b> Propiedades del acero A-36 .....	40
<b>Tabla 11.</b> Características del conductor a enrollar .....	45
<b>Tabla 12.</b> Factor de superficie ( $k_a$ ) .....	66
<b>Tabla 13.</b> Factor de confiabilidad ( $k_c$ ).....	66
<b>Tabla 14.</b> Factor de temperatura ( $k_d$ ).....	67
<b>Tabla 15.</b> Interpolación de la esbeltez .....	71
<b>Tabla 16.</b> Costos de materia prima.....	77
<b>Tabla 17.</b> Costo de mano de obra.....	78
<b>Tabla 18.</b> Costos directos .....	78
<b>Tabla 19.</b> Costos indirectos .....	79
<b>Tabla 20.</b> Costo de producción.....	79
<b>Tabla 21.</b> Costos de ingeniería .....	80
<b>Tabla 22.</b> Costos imprevistos .....	80
<b>Tabla 23.</b> Costo total unitario .....	80

<b>Tabla 24.</b> Margen de ganancia .....	81
<b>Tabla 25.</b> Perspectiva de crecimiento del Ecuador .....	82
<b>Tabla 26.</b> Costo de fabricación de un carrete antiguo .....	87
<b>Tabla 27.</b> Comparación de parámetros carretes antiguo y nuevo .....	92
<b>Tabla 28.</b> Mejoras en el carrete .....	92

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como fin diseñar y construir un carrete para enrollar alambre de conexión eléctrica tipo ACAR calibre 750 MCM para Industrias Metálicas “SITEC”.

El mismo se divide en tres capítulos detallados a continuación:

El capítulo I contiene los antecedentes, los objetivos y el alcance del proyecto, indica las definiciones básicas acerca de los carretes, la clasificación, los subtipos, las partes constitutivas y las dimensiones recomendadas.

También se establecen tres alternativas y a partir del análisis de las principales características o parámetros como por ejemplo capacidad, mantenimiento, vida útil y costo de cada una de ellas, se elige la mejor opción.

Así mismo evidencia las fórmulas de cálculo y el proceso de ensamble.

El capítulo II incluye el desarrollo de los cálculos, el dimensionamiento de las partes componentes del carrete y describe la selección de los materiales a utilizar.

En el capítulo III se determinan los costos directos, tales como materia prima y mano de obra y los costos indirectos como transporte, materiales fungibles e ingeniería básica, los mismos que al sumar dan como resultado el costo total del carrete. Se determina el margen de ganancia y se calculan la tasa interna de retorno y el valor actual neto.

También incluye un análisis por simulación utilizando el Software para diseño ANSYS versión 17.1.

Finalmente se presentan las conclusiones de los objetivos planteados al inicio del proyecto, las recomendaciones para el futuro y los anexos tales como planos, manuales de operación y de mantenimiento y lista de referencias.



## **ABSTRACT**

The present project is designed and construct a reel to wire electric wire of ACAR type 750 MCM for the Metal Industry "SITEC".

It is divided into three chapters detailed below.

Chapter I contains the background, objectives and scope of the project; indicates basic definitions about reels, ratings, subtypes, constituents, and recommended dimensions.

Three alternatives are also established and based on the analysis of the main characteristics or parameters such as capacity, useful life and cost of each one, the best option is chosen.

It also shows the calculation formulas and the assembly process.

Chapter II includes the development of calculations, design, dimensioning of the component parts of the reel and describes the selection of materials to be used.

Chapter III identifies direct costs, such as raw materials and handwork, and indirect costs such as transportation, consumables and basic engineering, which, when added together will reveal the total cost of the reel. The profit margin is determined, and the internal rate of return and the net present value are calculated.

It also includes a simulation analysis using the ANSYS Software Version 17.1

Finally, we present the conclusions of the objectives set out at the beginning of the project, the recommendations for the future and the annexes such as plans, operating and maintenance manuals and reference list.

## GLOSARIO

**Carrete:** Elemento de forma cilíndrica construida de materiales diversos con rebordes en sus bases, que se usa para enrollar en él hilo, alambre, cinta, cable u otros materiales [1].

**ACAR:** Aluminum conductor alloy reinforced (Conductores de aluminio desnudo reforzado) [2].

**MCM:** Se refiere al calibre del cable; el “Circular Mil” es una unidad correspondiente a la superficie de un círculo con un diámetro de 0,001 pulgadas. Las siglas MCM indican el área transversal de los cables eléctricos en “mil circular mils” para este caso viene a ser 750 MCM (750000 circular mils) [3].

**Flanches:** Se hace referencia a la superficie o tapa lateral que limita el área de enrollado del cable [4].

**Termotratado:** Proceso que se basa en someter la madera a temperaturas cercanas a la zona de combustión en ausencia de oxígeno para hacerla más resistente y duradera [5].

**Conductor:** Llamado así al cable utilizado para el montaje de líneas de transmisión eléctrica [2].

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere a la construcción de los carretes metálicos utilizados para enrollar cable destinado para la transmisión y subtransmisión de energía eléctrica.

El principal problema es que en general en el Ecuador y particularmente en Industrias Metálicas “SITEC” empresa PYMES dedicada a la construcción de estructuras metálicas y equipos industriales; ubicada en el Cantón Rumiñahui Barrio Cuendina se elaboran este tipo de carretes de forma empírica o artesanal, con errores constructivos, sin diseño y utilizando materiales de mala calidad es decir sin el uso de procesos técnicos, lo que deriva en un deterioro acelerado de la estructura.

Para corregir esta ambigua manufactura surge la idea de hacer un análisis en el diseño y construcción de los carretes metálicos considerando los fundamentos técnicos y científicos obtenidos a lo largo de la carrera, disminuyendo de esta manera tiempos y además tomando en cuenta la premisa de costo y beneficio, aspectos primordiales para el sostenimiento de una empresa; desarrollando de esta manera una alternativa tecnológica en la industria metalmecánica.

El alcance de la presente investigación es diseñar y fabricar un carrete para enrollar aproximadamente 3500 metros de alambre tipo ACAR calibre 750 MCM.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. GENERALIDADES**

El propósito principal de este capítulo se centra en determinar los conceptos teóricos y técnicos a utilizarse para el desarrollo del tema propuesto. Se tratan las principales definiciones relacionados con la fabricación de carretes metálicos y su aplicación. Se describen los diferentes tipos de carretes existentes, se selecciona el modelo que más se ajusta según las necesidades requeridas y se establecen las fórmulas para sustentar de manera adecuada el cálculo y la construcción.

#### **1.1. Objetivos**

##### **1.1.1. Objetivo General**

Diseñar y construir un carrete para enrollar alambre de conexión eléctrica tipo ACAR calibre 750 MCM requerido por Industrias Metálicas “SITEC” mediante el uso de las técnicas y procesos adquiridos durante la carrera universitaria.

##### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual y los problemas técnicos que se presentan en la construcción de los carretes, seleccionar alternativas, evaluarlas y establecer las mejores características para su funcionamiento.
- Diseñar mecánicamente y simular el carrete considerando pesos, fuerzas, geometría; para dimensionar y adecuar cada componente, teniendo en cuenta los factores externos para la construcción.
- Calcular los costos que se generan en la fabricación de un carrete para establecer su rentabilidad.

## **1.2. Alcance**

En el presente proyecto se fabricará un carrete en acero A-36, con las siguientes dimensiones:  $D_1=2000$  mm,  $D_2=880$  mm,  $L_1=1050$  mm, haciendo uso de los métodos de diseño y cálculo estructural y también se realizará la simulación empleando un Software adecuado.

Se utilizarán los puntos detallados a continuación:

- Diseño con un Software (SolidWorks) de todas sus partes
- Cálculo de las partes constitutivas del carrete
- Selección de los materiales más adecuados
- Construcción del carrete
- Análisis de resultados

## **1.3. Antecedentes**

En el Ecuador existen un amplio número de pequeñas y medianas industrias dedicadas a la construcción de estructuras metálicas.

Gracias a este sector 23600 personas tienen empleo directo y han generado alrededor de 50000 empleos indirectos [6].

Generalmente muchas de estas empresas fabrican sus productos sin seguir un proceso técnico, y en particular hablando de los carretes objeto del presente trabajo no se adopta una norma o especificación.

Para el caso puntual de Industrias Metálicas “SITEC” según el gerente el Sr. Luis Paucar en los últimos meses la defectuosa fabricación de los carretes ha ocasionado que 1 de cada 5 sufra daños en su estructura, produciendo una pérdida económica

bastante considerable, puesto que por cuestiones de garantía se debe efectuar la reparación (en el caso que esta opción brinde una solución y satisfacción al cliente); porque en más de una ocasión se ha tenido que reemplazar totalmente el carrete, generando así gastos no contemplados.

En principio los carretes tienen sobredimensionamiento en el cilindro central, y en el caso de los pliegues y los bordes de los flanges en cambio sufren problemas de aplastamiento y deformaciones.

Está constituido por 8 partes, tiene un peso de 156,24 Kg, se requieren alrededor de 40 horas/hombre para su construcción y la vida útil promedio es muy corta alcanza un valor máximo de 3 años.

Luego de estos inconvenientes presentados en el carrete, se recurre al diseño mecánico para incrementar la calidad y mitigar los problemas técnicos de tal manera que el mismo cumpla de manera adecuada su función.

#### **1.4. Carrete**

Elemento de forma cilíndrica construida de materiales diversos, taladrado en el eje y con rebordes en sus bases y se usan para enrollar hilo, alambre, cinta, cable, tubería y otros materiales flexibles [1].

##### **1.4.1. Tipos de carretes**

En diferentes tipos de industrias, como la metalúrgica, construcción, agrícola, producción energética, entre otras es indispensable contar con carretes para enrollamiento de cables, existen diversos tipos de carretes que de acuerdo a su aplicación poseen distintas características [7].

### **1.4.2. Carrete metálico**

Actualmente los carretes de acero han reemplazado a los carretes de madera en la industria de los cables y alambres.

El carrete metálico es recomendado para uso en condiciones severas y con alto esfuerzo, para cargas extremadamente pesadas, principalmente para cables de alta tensión y cualquier otro producto que por sus dimensiones y peso requiera protección y movilidad.

Los carretes son fabricados con acero de alta resistencia, calidad y diferentes calibres, dependiendo de su uso pueden ser ensamblados por distintos tipos de soldadura [5].

A continuación en la Fig. 1 se muestra la fotografía de un carrete metálico.



**Figura 1.** Carrete metálico

### **1.4.3. Carrete de madera**

Los carretes están fabricados con madera tratada mediante un procedimiento denominado Proceso de Termotratado que garantiza una estabilidad y resistencia gracias a la acción combinada del vacío y de altas temperaturas (entre 190°C y

230°C), además son reforzados en su parte central con varillas de acero proporcionando la resistencia y la funcionalidad que este requiere para su uso.

El carrete se utiliza para empaque de productos que pueden enrollarse tales como cables, alambres, mangueras y demás [5].

En la Fig. 2 se exhibe la imagen de un carrete de madera.



**Figura 2.** Carrete de madera [8].

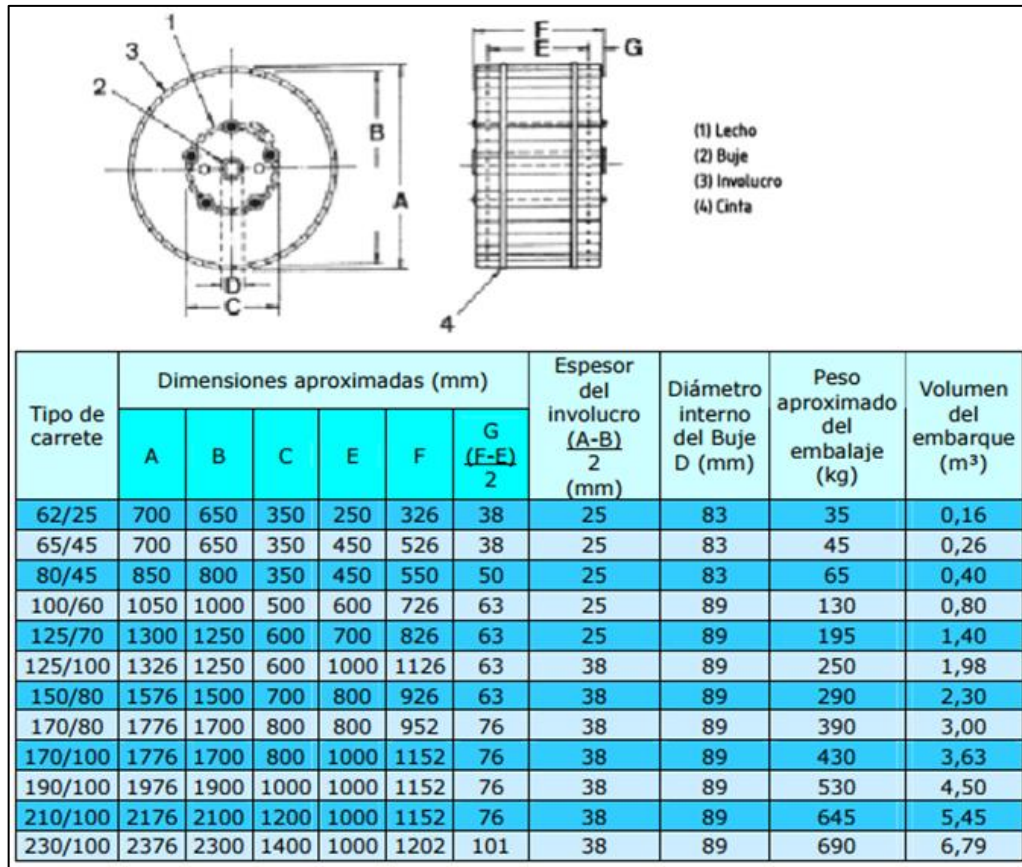
#### **1.4.4. Dimensiones de los carretes**

Las dimensiones están definidas directamente por las necesidades que se requieran, los factores que más influyen son el tipo y la cantidad de producto que se va a enrollar, es decir se acuerdan con el cliente.

También están especificadas de conformidad a las normas industriales internacionales.

En la Fig. 3 se detallan las dimensiones recomendadas para los carretes de madera.





**Figura 3.** Dimensiones de los carretes de madera [9].

Para el caso del carrete metálico en la Fig. 4 se tienen:

# TABELLA BOBINE (estratto da DIN 46395)

The image shows a technical drawing of a metal reel. The left view is a side elevation showing the reel's profile with dimensions:  $d_1$  (outer diameter),  $d_2$  (inner diameter),  $d_3$  (flange diameter),  $d_4$  (flange thickness),  $d_5$  (flange width),  $e$  (flange height),  $l_1$  (total length), and  $l_2$  (usable length). The right view is a top-down circular view showing the reel's cross-section with dimensions:  $d_1$  (outer diameter),  $d_2$  (inner diameter),  $d_3$  (flange diameter),  $d_4$  (flange thickness), and  $d_5$  (flange width).

d1 bobina	d2 fusto	d3 mozzo	d4 foro	d5 menabrida	e raggio foro-menabr	l1 larghezza max	l2 larghezza utile	volume in dm3	peso bobina rame in Kg c.a.	peso bobina cavo in Kg c.a.
100	40	50	28	8 bis 16	40	80	63	0,42	2,3	
125	50					95	80	0,83	4,6	
160	63					118	100	1,7	9	
200	80	71	36		71	130	125	3,3	17,5	
	100					125	100	2,33	13	
250	100					190	160	6,6	37	18,5
	125					150	125	4,6	26	13
315	125					236	200	13,1	74	37
	160					190	160	9,2	52	26
355	140	112	56	16 bis 28	112	265	224	18,7	106	53
	180					215	180	13,2	75	37,5
400	160					300	250	26,3	150	75,5
	200					236	200	18,8	107	53,5
450	180					335	280	37,4	215	107
	224				140	265	224	26,8	154	77
500	200					375	315	51,9	295	147
	250					300	250	36,8	209	104
560	224					425	355	73,4	420	210
	280					335	280	51,7	296	148
630	250					475	400	105,1	600	300
	315					375	315	72,5	414	207
710	355	130	100	28 bis 40	160	530	450	133,6	763	381
800	400					600	500	188,5	1.000	500
900	450					670	560	267,2	1.417	708
1000	500					750	630	371,1	1.970	985
1120	560					850	710	524,6	2.785	1.392
1250	630					950	800	732,4	4.000	2.000
1400	710			40 bis 63	300	1060	900	1029,1	5.620	2.810
1600	780					1180	1000	1508,0	8.235	4.117
1800	850	1320	1120			1970,4	10.760	5.880		
2000	900	1500	1250			2695,5	14.720	7.360		
2240	1120	1700	1400			3799,1	20.750	10.375		
2500	1500	1900	1600			5026,5	27.450	13.725		
2800	1800	2120	1800			6503,1	35.530	17.765		

**Figura 4.** Dimensiones de los carretes metálicos [10].

En el presente estudio se han tomado como referencia las dimensiones expuestas en la imagen anterior correspondientes a la norma DIN 46395.

#### 1.4.5. Procedimiento para el enrollado del cable

Se lo realiza por medio de una máquina enrolladora capaz de generar bobinas de cables que pueden contener diferentes longitudes y pesos. En la Fig. 5 se muestra la fotografía de la bobinadora.



**Figura 5.** Máquina bobinadora

**Tabla 1.** Datos del fabricante de la máquina bobinadora

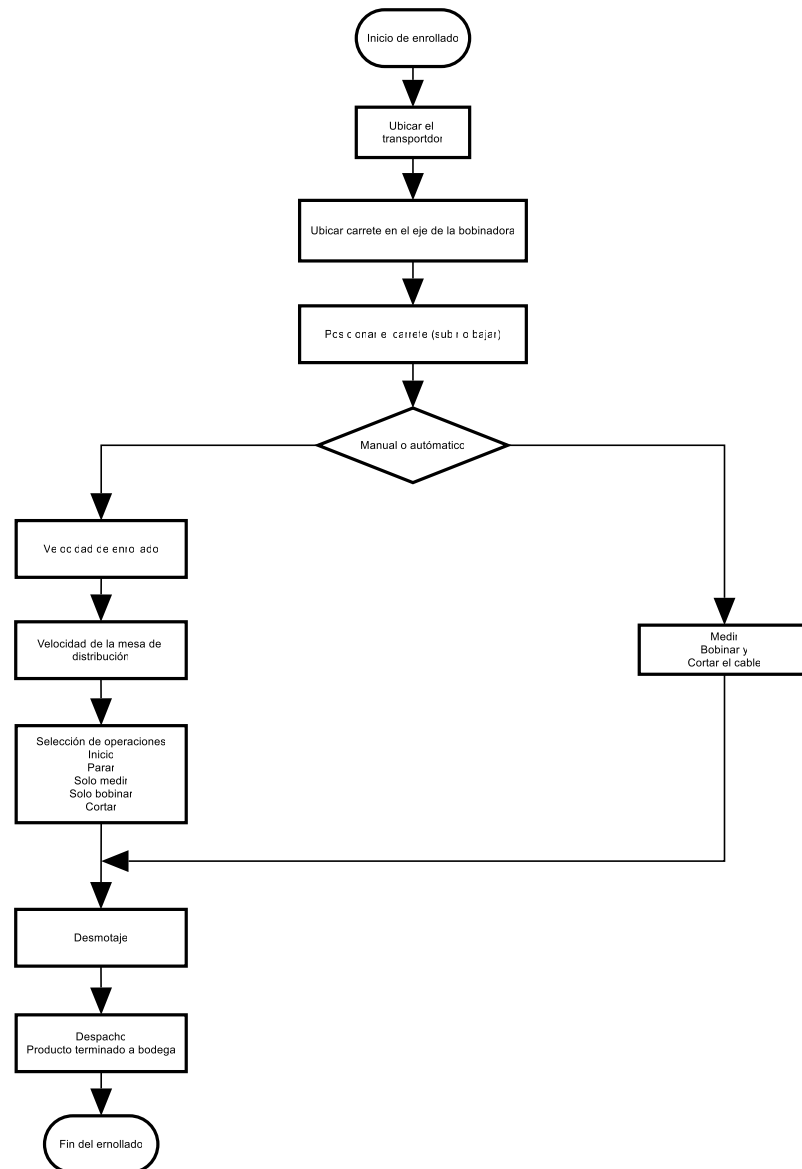
Datos de Placa	
Marca	Davis-Standard
Modelo	2000mm take up
Número de Serie	0040251/20/1

**Tabla 2.** Características técnicas de la máquina bobinadora

Ficha Técnica		
Característica	Unidad	Valor
Weight	Kg	6000
Power of main motor	Kw	15
Bobbin type		PN / PND
Reel range	Mm	1000-2500
Voltage	V	440
Date of manufacture		5th June 2014

El tipo y las dimensiones del carrete, la clase, el diámetro y la longitud del cable a enrollar, son los parámetros principales en los que el operador debe basarse para configurar la bobinadora de manera adecuada.

La operación se ilustra en la Fig. 6.



**Figura 6.** Operación de la máquina bobinadora

## **Descripción del procedimiento**

**Ubicación en el transportador:** se refiere a la movilización del carrete vacío desde el lugar de almacenamiento hacia la máquina bobinadora haciendo uso de un transportador apropiado o montacargas.

**Acoplamiento del carrete en el eje bobinador:** es el montaje del carrete en los brazos bobinadores de la máquina, es importante tomar en cuenta el sentido de giro indicado en el mismo.

**Posicionamiento del carrete:** una vez montado el carrete en los brazos, se debe verificar que la altura sea la misma para que la carga sea distribuida uniformemente, una vez conseguido este propósito se ajusta el brazo móvil.

**Forma de trabajo de la máquina:** este paso depende de la experiencia del operario de turno, es este quien decide si el enrollamiento lo ejecutará de manera manual o automática.

Para el modo manual se debe seguir las siguientes instrucciones: calcular y parametrizar los valores de las velocidades del enrollado y de la mesa de distribución, y maniobrar en el tablero de control las acciones de marcha, paro, medición de la longitud y corte del cable.

En el caso del modo automático simplemente se ingresa en la pantalla táctil HMI los parámetros de la longitud y el diámetro del cable a enrollar.

**Desmontaje:** terminado el enrollamiento se debe utilizar un montacargas o grúa de suspensión para el traslado del carrete hacia el almacén o bodega.

#### 1.4.6. Manipulación del carrete

El cable es un producto muy valioso debido a las diferentes aplicaciones que tiene en la industria, es por esta razón que luego de haber sido enrollado en el carrete se debe tener especial cuidado durante su almacenamiento porque puede sufrir daños que sin duda provocarían una instalación defectuosa ocasionando pérdidas de tiempo y de dinero.

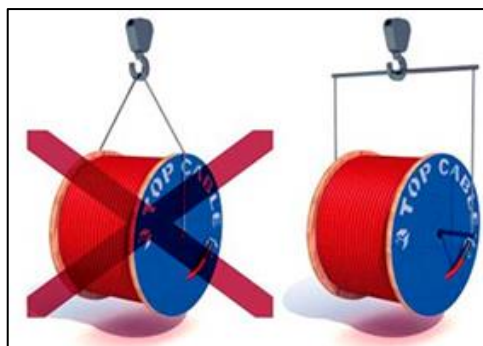
Para la manipulación de los carretes se deben tomar en cuenta dos aspectos fundamentales:

- Las dimensiones y el peso de las bobinas

#### 1.4.7. Izado de bobinas mediante grúas

El izado se debe efectuar mediante elementos de suspensión, por lo general (grúas o carretillas elevadoras). Una lesión del cable no detectada antes de su instalación puede reducir su vida útil [11].

Si la bobina tiene que ser elevada se debe colocar un eje que sobresalga por los extremos, para evitar que los cables de izado lleguen a tocar a la bobina, tal como se muestra en la Fig. 7.



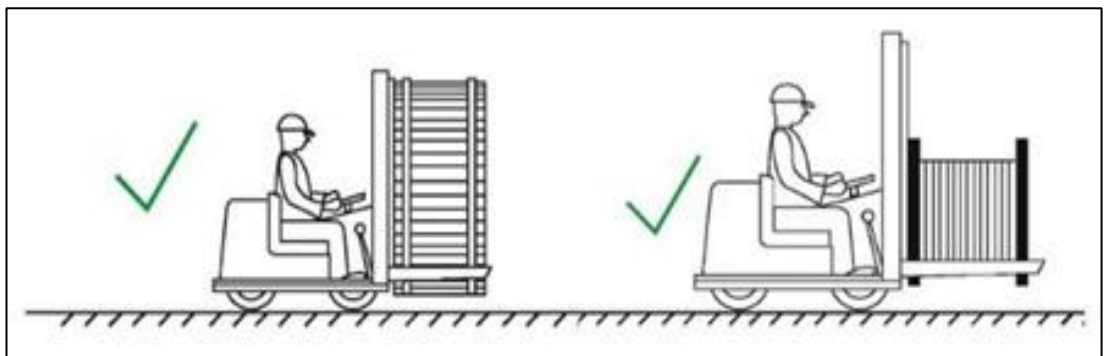
**Figura 7.** Izado de los carretes [12].

#### 1.4.8. Transporte mediante carretilla elevadora

Durante el transporte del carrete mediante la utilización de un montacargas se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- Se debe mantener a una distancia de por lo menos 5 cm sobre el suelo
- No se debe desplazar empujándolos con el montacargas
- Nunca se debe maniobrar colgados desde el borde exterior

La forma correcta de manipular el carrete se indica en la Fig. 8 a continuación.



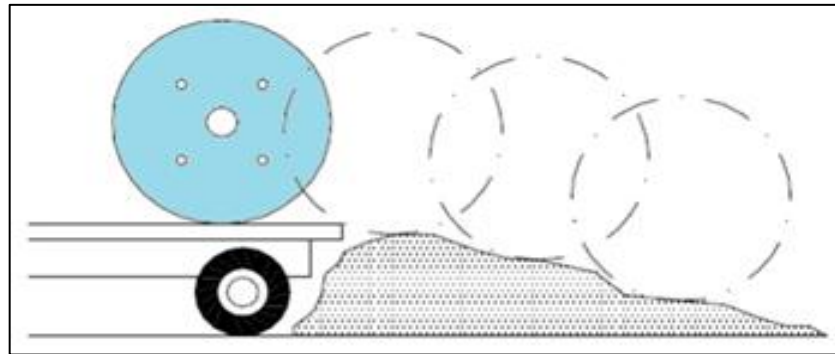
**Figura 8.** Transporte mediante carretilla elevadora [13].

#### 1.4.9. Carga y descarga del camión o plataforma de transporte

La carga y descarga del carrete necesariamente se tiene que realizar mediante una grúa o carretilla elevadora.

En ninguna circunstancia, se debe retener el carrete con cuerdas, cables o cadenas que abracen al carrete ya que podrían romper las duelas y apoyarse sobre la capa exterior del cable enrollado, la descarga del carrete sobre el terreno para el tendido del cable se tiene que realizar sobre suelo liso y de forma que la distancia a recorrer hasta la ubicación final sea lo más corta posible [11].

En la Fig. 9 se muestra la forma ideal de bajar el carrete de un camión.

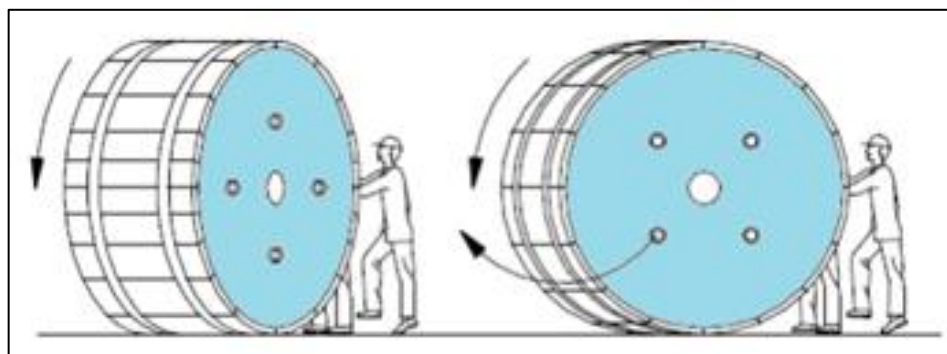


**Figura 9.** Carga y descarga del carrete [11].

#### **1.4.10. Rodadura sobre el suelo**

Solo se debe realizar recorridos cortos. Para desplazar el carrete haciéndolo rodar por el suelo, este tiene que ser liso y el sentido de rotación debe ser igual al que se enrolló el cable en el carrete. Normalmente en los platos de los carretes se señala con una flecha el sentido en que debe desenrollarse el cable, sentido contrario al de rodadura del carrete por el suelo [11].

El modo apropiado de girar el carrete se indica en la Fig. 10.



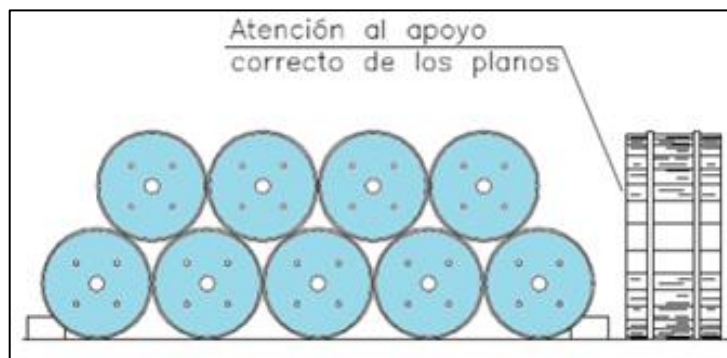
**Figura 10.** Desplazamiento del carrete [11].



#### 1.4.11. Apilamiento del carrete

Hay que tratar de evitar en lo posible, especialmente sobre suelo liso debido a que los mismos pueden resbalar y caer. Sin embargo los carretes que contengan cable de poco peso y de las mismas dimensiones pueden almacenarse en línea con la parte convexa en contacto y con una segunda línea sobre la primera [11].

En la Fig. 11 se indica el apropiado apilamiento de los carretes.



**Figura 11.** Almacenamiento de los carretes [11].

#### 1.5. Tipos de carretes metálicos

Existe una gran variedad, los más empleados son los carretes con flanches de pared singular, doble inoxidable y para cable y cuerda, estos modelos varían según los materiales utilizados en su construcción, complejidad de fabricación y tamaño.

##### 1.5.1. Carretes con flanches de pared singular

Su diseño no es muy robusto, está construido para soportar medianas cargas, se utilizan principalmente para el almacenamiento de alambre de acero trefilado de cobre y aluminio. Están contruidos dinámicamente equilibrados [14].

A continuación en la Fig. 12 se muestra la fotografía de un carrete de pared singular.



**Figura 12.** Carrete de pared singular

### **1.5.2. Carretes con flanches dobles inoxidable**

Su diseño es medianamente robusto se utilizan para el enrollamiento de cables de cobre o aluminio y alambre de acero trefilado. Se fabrican en tamaños estándar, poseen un tambor mecanizado y reforzado equilibrado dinámicamente [4].

Su diseño se muestra en la Fig 13.



**Figura 13.** Carrete con flanches dobles inoxidable [15].

### **1.5.3. Carretes para cable y cuerda**

Su diseño es bastante robusto ideal para soportar cargas de gran magnitud (versión reforzada) o transporte (versión ligera), cuenta con características opcionales de equilibrado estático o dinámico, tambor y flanches con refuerzos para procesos pesados, ganchos de elevación y ranuras para la fijación del cable [16].

A continuación en la Fig. 14 se exhibe la fotografía de este tipo de carrete.



**Figura 14.** Carrete para cable y cuerda [17].

### **1.6. Análisis de alternativas**

Esta selección se enfoca en la evaluación de un conjunto de parámetros y características tales como capacidad, peso, tipo de materiales empleados en la fabricación de las diferentes partes que forman el carrete, costos de construcción, mantenimiento y vida útil [18].

Los parámetros que se han considerado son: capacidad de almacenamiento, facilidad de mantenimiento, vida útil, materiales y costos de construcción.

#### **1.6.1. Capacidad de almacenamiento**

En este punto se evalúa la cantidad de cable que puede albergar y el peso que logra soportar el carrete.

Tomando en cuenta que el carrete va a ser utilizado por empresas productoras de cable y que las mismas que por lo general usan un modelo que tenga gran capacidad de carga.

**Tabla 3.** Ponderaciones para la capacidad de almacenamiento

<b>PONDERACIÓN</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
5	Alta capacidad
3	Capacidad media
1	Baja capacidad

### **1.6.2. Facilidad de mantenimiento**

El mantenimiento de un equipo es el que garantiza que su funcionamiento sea el correcto, mientras más sencillos sean los procedimientos es mejor porque pueden ser aplicados por cualquier persona que no disponga de muchos conocimientos previos [18].

Sin duda la mejor alternativa es la que menos recursos emplea.

**Tabla 4.** Ponderaciones para la facilidad de mantenimiento

<b>PONDERACIÓN</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
5	Nada complejo
3	Medio complejo
1	Bastante complejo

### **1.6.3. Vida útil**

Definida como el tiempo de servicio que un equipo determinado está operativo para el funcionamiento de una empresa, es uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el momento de adquirir o fabricar un producto.

**Tabla 5.** Ponderaciones para la vida útil

<b>PONDERACIÓN</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
5	Cinco o más años
3	Tres años
1	Menos de tres años

#### 1.6.4. Materiales y costos de construcción

Parámetro basado en la factibilidad y el tiempo de fabricación, así como también en la fácil obtención y precio de los materiales.

También es uno de los aspectos claves que se debe tener presente para optar por una decisión apropiada.

**Tabla 6.** Ponderaciones para costos de construcción

PONDERACIÓN	SIGNIFICADO
5	Bajo costo
3	Costo medio
1	Alto costo

#### 1.7. Selección de la alternativa más conveniente para el caso de estudio

Para elegir la opción más adecuada se parte analizando en los distintos tipos de carretes metálicos expuestos en el numeral 1.5. los parámetros considerados en el numeral 1.6. del presente proyecto, siendo las alternativas:

- Carretes con flanches de pared singular
- Carretes con flanches dobles inoxidable
- Carretes para cables y cuerdas

En la siguiente tabla por facilidad se ha renombrado a cada alternativa de la siguiente manera:

**Tabla 7.** Alternativas de carretes

OPCIONES	NOMENCLATURA
Carretes con flanches de pared singular	A
Carretes con flanches dobles inoxidable	B
Carretes para cables y cuerdas	C

En la tabla número 8 se presenta el factor de peso para cada parámetro considerado.

**Tabla 8.** Factor de ponderación por parámetro

<b>PARÁMETROS</b>	<b>FACTOR DE PONDERACIÓN</b>
Capacidad de almacenamiento	10
Materiales y costos de construcción	8
Vida útil	6
Facilidad de mantenimiento	4

Finalmente en la siguiente tabla se han calificado los parámetros en cada una de las alternativas multiplicado por el factor de ponderación y el resultado es:

**Tabla 9.** Resumen de análisis de alternativas

<b>PARÁMETROS</b>	<b>ALTERNATIVAS</b>			<b>Ideal</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
Capacidad de almacenamiento	1 x 10 (10)	3 x 10 (30)	5 x 10 (50)	5 x 10 (50)
Materiales y costos de construcción	1 x 8 (08)	1 x 8 (08)	3 x 8 (24)	5 x 8 (40)
Vida útil	3 x 6 (18)	5 x 6 (30)	5 x 6 (30)	5 x 6 (30)
Facilidad de mantenimiento	3 x 4 (12)	5 x 4 (20)	5 x 4 (20)	5 x 4 (20)
<b>SUMA TOTAL</b>	(48)	(88)	<b>(124)</b>	(140)
<b>PORCENTAJE</b>	34%	63%	<b>88%</b>	100%

Como resultado de los cálculos realizados en la tabla No. 4 se determina que la mejor alternativa es la “C”, (Carretes para cables y cuerdas), ya que este tipo de carrete cumple de manera favorable con cada uno de los parámetros analizados.

### 1.8. Principio para la selección de un carrete para cable y cuerda

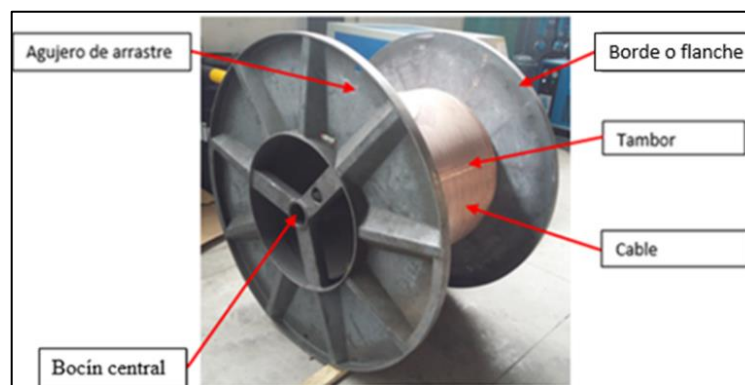
A través del tiempo se ha venido construyendo algunos tipos de carretes, los mismos que por la influencia de dos factores importantes como son el peso y la calidad de los materiales han sufrido deformaciones y roturas llegando a la falla.

Por esta razón se aplican los cálculos de todas sus partes para que el carrete cumpla con su función de manera apropiada.

### 1.9. Partes de un carrete

Un carrete es un cilindro generalmente hueco y con rebordes o discos en sus bases, que sirve para enrollar hilos, cables, cuerdas y materiales flexibles [13].

Las partes principales se muestran en la Fig. 15.



**Figura 15.** Partes del carrete

- a) Borde o flange: Comprende la superficie lateral que limita el área de enrollado en dirección radial y axial.
- b) Tambor: Cilindro central que restringe el área de enrollado en dirección radial.
- c) Perforación de arrastre: Permite la transmisión de movimiento en los procesos de enrollado.

- d) Bocín central: Perforación en el centro de los flanges, donde se aloja el eje central de rotación de la máquina bobinadora.

### 1.10. El Acero de transmisión A-36

Probablemente el primer metal que usaron los seres humanos fue algún tipo de aleación de cobre y también el bronce, los avances más importantes en el desarrollo de los metales se han presentado en la fabricación y uso del hierro así como de su aleación llamada acero [19].

El acero A-36 es un material que por sus características y propiedades se ha convertido en el metal más utilizado en la industria ecuatoriana [20].

Es una aleación de hierro (mínimo 98%), con contenidos de carbono menores al 1% y otras pequeñas cantidades de otros minerales tales como el manganeso que sirve para mejorar su tenacidad y en combinación con el fósforo, azufre, vanadio y sílice para incrementar la soldabilidad y la resistencia a la intemperie [21].

A continuación se muestran las características más importantes del acero A-36.

**Tabla 10.** Propiedades del acero A-36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Densidad	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Límite de fluencia	32 - 36 (250 - 280)	Ksi (MPa)
Resistencia a la tensión	58 - 80 (400 - 550)	Ksi (MPa)
Módulo de elasticidad	29000	Ksi
% de elongación mínimo	20 (8")	%
Punto de fusión	1538	°C

**Fuente:** [20].



### **1.11. Ensamblaje**

Jiangsu Shanchuan Metal Productos Co. Ltd. Produce sus carretes para cables y máquinas conforme a lo dispuesto en la norma DIN 46395, los mismos presentan alta resistencia, peso ligero, alta precisión y acabados en la superficie mediante galvanizado o pintura [22].

Los materiales de construcción empleados son: acero A-36, acero inoxidable SS304 y aluminio.

El ensamble se realiza por medio de soldadura de alta resistencia mediante proceso SMAW para el cordón en el cilindro principal.

Para el caso de los flanches por estar constituido por materiales de espesores pequeños se emplea soldadura con alambre tubular MIG-MAG, proceso que ofrece un depósito prácticamente sin escoria, reduciendo al mínimo las operaciones de limpieza y con acabado ideal [23].

La soldadura es un proceso de unión, en el cual se aplica calor a dos piezas de metal para que se unan metalúrgicamente. Dicho calor puede ser aplicado por una llama de gas, arco eléctrico, rayo láser o por una combinación de presión y calentamiento mediante resistencia eléctrica [24].

#### **1.11.1. Soldadura por arco eléctrico (SMAW-ELÉCTRICA)**

En este proceso la unión se efectúa por el calor producido por un arco eléctrico, con o sin aplicación de presión y con empleo o no de un metal de aporte, se usa en aplicaciones de cordón de raíz en tanques, cañerías de oleoductos, reparaciones generales, estructuras entre otros [23].

La energía eléctrica se transforma en energía térmica, la misma que puede alcanzar temperaturas de aproximadamente 4000°C [25].

A continuación en la Fig. 16 se representa la soldadura por arco eléctrico.



**Figura 16.** Soldadura por arco eléctrico [26].

#### **1.11.2. Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular (GMAW-MIG)**

Es un proceso en el que la fusión se logra mediante un arco producido entre un electrodo tubular denominado (alambre consumible) y el elemento a unir.

La protección se logra mediante un fundente contenido dentro del alambre tubular. A la cual se añade una protección adicional proveniente de un gas suministrado externamente.

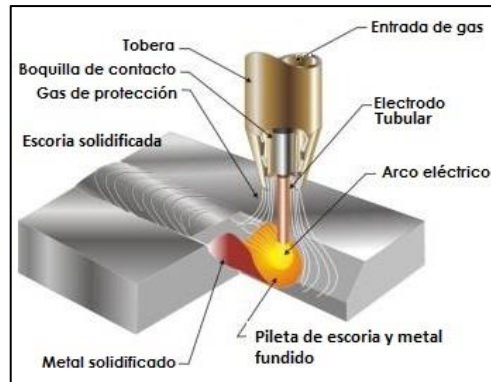
El alimentador lleva el alambre tubular automáticamente desde una bobina vía ensamblaje especial de cable y pistola, al arco.

La velocidad de alimentación del alambre determina la cantidad necesaria de corriente para soldar la cual es suministrada al arco [25].

Esta soldadura ofrece un depósito prácticamente sin escoria reduciendo al mínimo las operaciones de limpieza, se utiliza en recipientes a presión, soldadura de

cañerías, muebles, estructuras y materiales de espesores pequeños por que ofrece un buen acabado superficial [23].

A continuación en la Fig. 17 se presenta un esquema de la soldadura con alambre tubular.



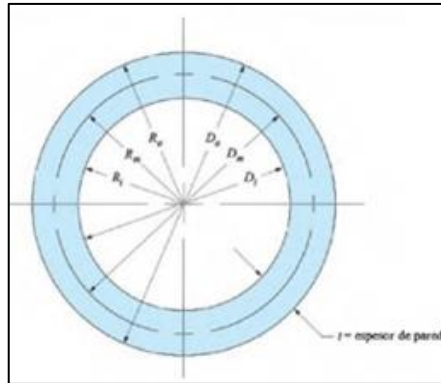
**Figura 17.** Soldadura con alambre tubular [27].

#### **1.12. Diseño del carrete**

#### **1.13. Cilindros de pared delgada**

Cuando la relación del radio medio con respecto al espesor de pared es igual o mayor a 10, el esfuerzo es casi uniforme y se puede presumir que todo el material de la pared resiste por igual las fuerzas que se le asignan, los cilindros que cumplen esta condición se llaman de pared delgada [24].

Para comprobar si un cilindro es de pared delgada es necesario determinar algunos parámetros como: diámetros, radios y espesores representados a continuación en la Fig. 18.



**Figura 18.** Diámetros, radios y espesores de pared del cilindro [24].

Para establecer si un cilindro es de pared delgada se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{R_m}{t} \geq 10 \quad (1)$$

Donde:

$R_m$ : radio medio del cilindro

$t$ : espesor del material

El radio medio se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_m = \frac{R_e + R_i}{2} \quad (2)$$

Donde:

$R_e$ : radio externo

$R_i$ : radio interno

#### 1.14. Conductor a ser enrollado y almacenado

La elaboración de los conductores eléctricos se inicia en las minas donde se extrae el mineral denominado bauxita de la que luego de un proceso denominado metalurgia se obtiene el aluminio.

Se describen a continuación las principales etapas para fabricar los conductores.

- **Trefilado:** es la reducción progresiva en frío de la sección transversal circular del alambro de aluminio hasta un valor que fluctúa los 2 mm.
- **Cableado:** se realiza en máquinas cableadoras consiste en el agrupamiento o trenzado de los hilos trefilados formando de esta manera el cable.
- **Medición y empaque:** es el enrollado y la cantidad del cable en el carrete.

Los cables de aluminio desnudo reforzados tipo ACAR. (Aluminium Conductor Alloy Reinforced) son utilizados para líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica, ya que ofrecen una buena resistencia a la tracción y una muy buena relación esfuerzo de tensión – peso, para el diseño de estas líneas [2].

A continuación se exponen las características del conductor que se pretende enrollar en el carrete.

**Tabla 11.** Características del conductor a enrollar

CONDUCTOR	
Tipo	ACAR
Calibre	750 MCM
Diámetro (mm)	25,34
Sección total (mm <sup>2</sup> )	380
Resistencia (Ohms/Km) a 20°C	0,1312
Peso (Kg/Km)	1.044,00
Tensión de ruptura (Kg)	8.617,00
Capacidad de corriente (A)	807

### 1.15. Formulación para el diseño

En el diseño de un miembro estructural o elemento mecánico se debe restringir el esfuerzo en el material a un nivel que sea seguro.

Para garantizar la seguridad es necesario optar por un esfuerzo permisible que limite la carga aplicada a un valor que sea menor al que el miembro pueda soportar.

Por ejemplo la carga de diseño puede ser distinta a la carga aplicada.

Un modo de especificar la carga permisible para el diseño o análisis de un elemento es usar una cifra llamada factor de seguridad (FS) [28].

$$Fs = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{perm}} \quad (3)$$

El elemento principal que soporta directamente todo el peso del cable enrollado es el tambor o cilindro central, por lo tanto en este componente se analizarán esfuerzos de torsión, flexión y compresión.

El primer paso es determinar las fuerzas que actúan mediante la ecuación según la Segunda Ley de Newton:

$$\Sigma F = m * a \quad (4)$$

Donde:

$\Sigma F$ : sumatoria de las fuerzas que actúan en el elemento

m: masa del elemento

a: aceleración

Como este cálculo se lo realiza de forma estática, la aceleración se hace cero y la ecuación queda reducida de la siguiente manera:

$$\Sigma F = 0 \quad (5)$$

### 1.16. Cálculo del esfuerzo de torsión

Cuando se aplica un par de torsión a un miembro estructural se desarrolla un esfuerzo cortante interior y se crea una deformación torsional, cuya consecuencia es un ángulo de torsión entre los extremos [24].

Una vez obtenido el resultado de las fuerzas que actúan en el cilindro, el siguiente paso es determinar el esfuerzo cortante a la torsión ( $\tau$  máx) el mismo se calcula mediante la ecuación:

$$\tau \text{ máx} = \frac{Tc}{J} \quad (6)$$

Donde:

T: torque aplicado

c: radio de la sección circular

J: momento polar de inercia de la sección circular

El momento polar de inercia para una sección circular hueca está definido por:

$$J = \frac{\pi}{32} (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (7)$$

Donde:

$d_{ext}$ : diámetro exterior

$d_{int}$ : diámetro interior

### 1.17. Cálculo del esfuerzo de flexión

La flexión en vigas suele ocurrir con más frecuencia que cualquier otro problema de carga en el diseño mecánico. Los ejes fijos y rotatorios, las manivelas, palancas,

ménsulas y ruedas, se deben considerar a menudo como vigas para el diseño y análisis de estructuras y en combinación con sistemas mecánicos [29].

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} \quad (8)$$

Donde:

M: momento flector máximo

c: distancia al punto neutro en el cilindro

I: inercia del cilindro

El momento flector máximo se calcula con la subsiguiente ecuación:

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \quad (9)$$

Empleando la ecuación mostrada a continuación se calcula el valor de la distancia al punto neutro en el cilindro.

$$c = \frac{d_{ext}}{2} \quad (10)$$

Donde:

d<sub>ext</sub>: diámetro exterior

El valor de la inercia del cilindro se calcula por:

$$I = \frac{\pi}{64} * (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (11)$$



Donde:

$d_{ext}$ : diámetro exterior

$d_{int}$ : diámetro interior

### 1.18. Cálculo del factor de seguridad estático

Para calcular este factor se ha tomado la ecuación reducida de Von Mises, la misma que fue derivada de la Teoría de la Energía de la Distorsión Elástica [29].

$$n_e = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (12)$$

Donde:

$S_y$ : esfuerzo a la fluencia

$\sigma'$ : esfuerzo de Von Mises

La resistencia a la fluencia y a la tracción del acero A-36 son:

$$S_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 550 \text{ Mpa}$$

Para calcular el esfuerzo de Von Mises se usa la ecuación siguiente:

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3 * (\tau_{xy})^2} \quad (13)$$

Donde:

$\sigma_x$ : esfuerzo máximo de flexión

$\tau_{xy}$ : esfuerzo cortante máximo

Para evaluar el esfuerzo cortante máximo se emplea la ecuación mostrada a continuación:

$$\tau_{xy} = \frac{Mr}{J} \quad (14)$$

Donde:

M: momento flector máximo

r: radio del cilindro

J: momento polar de inercia del cilindro

### **1.19. Diseño dinámico**

Una vez que se conoce el valor del esfuerzo máximo de flexión, se tiene que calcular el valor del esfuerzo medio, con el propósito de aplicar el método de Goodman para establecer el factor de seguridad.

Mediante la siguiente ecuación se calcula el valor del esfuerzo medio.

$$\sigma_m = \sqrt{3 * (\tau_{xy})^2} \quad (15)$$

### **1.20. Cálculo de límite de resistencia a la fatiga del cilindro**

La fatiga es el proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que ocurre en un material que está sujeto a tensiones y deformaciones que varían en algún punto o puntos y que produce grietas o la fractura completa del material tras un número suficiente de fluctuaciones [30].

La fatiga de alto ciclo para el caso de los aceros se extiende desde los  $10^3$  hasta la vida de resistencia a la fatiga límite que es aproximadamente  $10^6$  o  $10^7$  ciclos [29].

Mediante la siguiente ecuación se consigue el límite de resistencia a la fatiga en ejes rotatorios:

$$S'_e = 0,5 * S_{ut} \quad (16)$$

Para calcular el valor del límite de resistencia a la fatiga en el cilindro se emplea la ecuación siguiente:

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \quad (17)$$

Donde:

$k_a$ : factor de superficie

$k_b$ : factor de tamaño

$k_c$ : factor de confiabilidad

$k_d$ : factor de temperatura

$k_e$ : factor de modificación de esfuerzos

$k_f$ : factor de efectos diversos

$S'_e$ : límite de resistencia a la fatiga

### 1.21. Cálculo del factor de seguridad dinámico

El coeficiente de seguridad dinámico se obtiene a través del método de Goodman que plantea la siguiente ecuación:

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_x}{S_e}} \quad (18)$$

Donde:

$\sigma_m$ : esfuerzo medio

$S_{ut}$ : esfuerzo de tracción del acero

$\sigma_x$ : esfuerzo máximo de flexión

$S_e$ : límite de resistencia a la fatiga

### **1.22. Cálculo del cilindro a compresión**

Para realizar el cálculo a compresión se toma en cuenta la siguiente referencia. Una columna es un elemento axial sometido a una fuerza de compresión, suficientemente delgado respecto a su longitud, para que bajo la acción de una carga gradualmente creciente se rompa por flexión lateral o por pandeo bajo la aplicación de una carga mucho menor que la necesaria para romperlo por aplastamiento [31].

#### **Cálculo de la esbeltez**

$$\lambda_x = \frac{k * l_x}{r_x} \quad (19)$$

Donde:

k: factor de la longitud efectiva

$l_x$ : longitud del elemento

$r_x$ : radio de giro

Se define como miembro esbelto a una columna relativamente larga cargada a compresión. Si la relación de esbeltez efectiva real  $L_e/r$  es mayor que  $C_c$  (relación

de esbeltez de transición o constante de columna), entonces la columna es larga y si la relación real  $L_e/r$  es menor que  $C_c$  entonces la columna es corta [24].

La longitud efectiva de la columna o elemento se establece mediante la siguiente ecuación:

$$L_e = K * l \quad (20)$$

Donde:

K: factor de fijación de los extremos

l: longitud total del elemento

El cálculo del radio de giro se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{x'}}{A}} \quad (21)$$

Donde:

$I_{x'}$ : inercia del elemento

A: área total

Para encontrar la inercia en el eje “x” de una sección hueca se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{x'} = \frac{\pi}{64} (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (22)$$

Para determinar la constante de columna se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (23)$$

Donde:

E: módulo de elasticidad del acero

$S_y$ : resistencia a la fluencia del acero

**Nota:** El módulo de elasticidad del acero A-36 es 200 GPa.

### **Cálculo del esfuerzo a compresión**

Se lo cuantifica mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_a = \frac{P}{A} = [\sigma_a] \quad (24)$$

Donde:

$\sigma_a$ : esfuerzo real a compresión

$[\sigma_a]$ : esfuerzo admisible a compresión

P: fuerza

A: área de aplicación de la fuerza

### **1.23. Cálculo de la soldadura en el cilindro del carrete**

Para el cálculo de la resistencia de la soldadura a tracción y compresión en el cilindro se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{P}{n \times l} \leq 0,6 \times \sigma_{mat} \quad (25)$$

Donde:

P: carga ejercida sobre el cilindro

n: espesor del material

l: longitud del cordón

#### **1.24. Cálculo de la junta soldada del soporte central**

Uno de los puntos en donde hay mayor concentración de esfuerzos en el carrete es en la unión de las caras laterales y el cilindro por esta razón es necesario realizar el análisis de soldadura.

Para este propósito es necesario determinar el esfuerzo cortante originado en la junta soldada haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (26)$$

Donde:

V: fuerza cortante

A: área total de la garganta del cordón de soldadura

El valor del área total de la garganta del cordón de soldadura se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$A = 0.707 h (2b + d) \quad (27)$$

Donde:

h: garganta de soldadura

b: ancho del perfil a ser soldado

d: altura del perfil a ser soldado

Debido al espesor del material a soldar se ha resuelto aplicar una garganta de soldadura de 1/8 de pulgada.

El momento flector originado M provoca una componente de esfuerzo en la soldadura denominado esfuerzo cortante horizontal que se establece mediante la ecuación siguiente [29].

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (28)$$

Donde:

$\tau''$ : esfuerzo cortante horizontal

M: momento flector en la junta soldada

c: ubicación del centro de gravedad

I: momento de inercia del área

El valor del momento de inercia del área de la garganta de la soldadura se calcula por:

$$I = 0.707 * h * I_u \quad (29)$$

Donde:

h: tamaño de la soldadura

$I_u$ : momento de inercia unitario

El valor del momento de inercia unitario se establece usando la ecuación siguiente:



$$I_u = \frac{d^2}{12} (6b + d) \quad (30)$$

Donde:

d: altura del perfil

b: ancho del perfil

El módulo del esfuerzo total en la junta soldada sometida a flexión se obtiene sumando algebraicamente los esfuerzos cortantes primario y horizontal, para este propósito se utiliza la siguiente ecuación [29].

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad (31)$$

Para calcular el valor del esfuerzo permisible del electrodo denominado también material de aporte en función de la carga se emplea la siguiente ecuación:

$$S_{Sy} = 0.60 * S_y \quad (32)$$

Donde:

$S_{Sy}$ : esfuerzo permisible para el electrodo

$S_y$ : resistencia a la fluencia del electrodo

### 1.25. Cálculo del factor de seguridad en la junta soldada

Para cuantificar el factor seguridad en la junta soldada se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau} \quad (33)$$

En el proceso de construcción se utiliza soldadura GMAW y el metal de aporte es el electrodo ER 70S-6 con valores:

$$S_y = 415 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 530 \text{ MPa}$$

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO

En el presente capítulo se realizan los cálculos y diseño de las partes fundamentales que componen el carrete, así como la selección de materiales, tomando como base el estudio teórico efectuado en el capítulo anterior.

#### 2.1. Determinación del peso total del cable

Mediante el uso de un Software especial diseñado para calcular la capacidad de los carretes se calcula la longitud del cable a enrollar, en la Fig. 19 se muestra la hoja de cálculo.

**QUALITY**  
WIRELINE & CABLE INC.

### Calcular la Capacidad del Carrete

A	Altura Total del Carrete	78	Pulg.
B	Ancho Int.del Carrete	38	Pulg.
C	Diámetro de la Base	35	Pulg.
D	Tolerancia	2	Pulg.
E	Altura de la Pared Int.	19,5	Pulg.
	Diámetro del Cable	1	Pulg.

**Capacidad del Carrete**    12.115    Pies

Nota: Basado en un cable perfectamente enrollado.

*Quality runs deep!*

Diagrama de un carrete con dimensiones: A (Altura Total), B (Ancho Int.), C (Diámetro de la Base), D (Tolerancia), E (Altura de la Pared Int.).

**Figura 19.** Cálculo de la capacidad del carrete [32].

Luego de ingresar los datos del carrete se obtiene una longitud de 12115 pies de cable enrollado.

Trasformando este valor a metros resulta.

$$12115 \text{ pies} \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} = 3692,652 \text{ m} \approx 3693 \text{ m}$$

Ahora se calcula el peso del cable ( $P_c$ ), para esto se utiliza el peso por unidad que es 1044 kg/km.

$$P_c = 3693 \text{ m} * \frac{1044 \text{ Kg}}{\text{Km}} * \frac{1 \text{ Km}}{1000 \text{ m}} = 3855,492 \text{ Kg}$$

El peso total ( $PT$ ) es igual al peso del cable ( $P_c$ ) más el peso de la estructura ( $P_e$ ) para este cálculo se ha tomado como dato el peso del antiguo modelo del carrete.

$$PT = 3855,49 \text{ kg} + 156,24 \text{ kg} = 4011,73 \text{ kg}$$

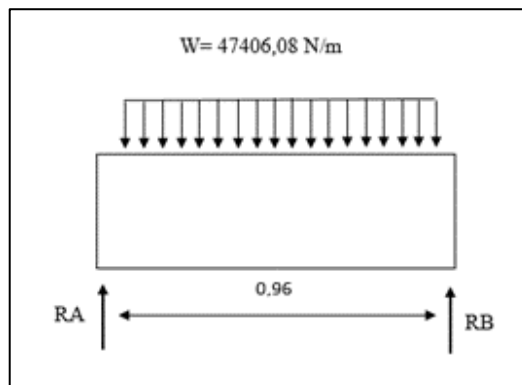
Se utiliza un factor seguridad del 15% que incrementa el  $PT$  a 4613,48 kg.

$$\text{Por lo tanto: } W = 4613,48 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 45213,84 \text{ N} \approx 45,3 \text{ kN}$$

Valor que corresponde a los pesos del cable enrollado y de la estructura.

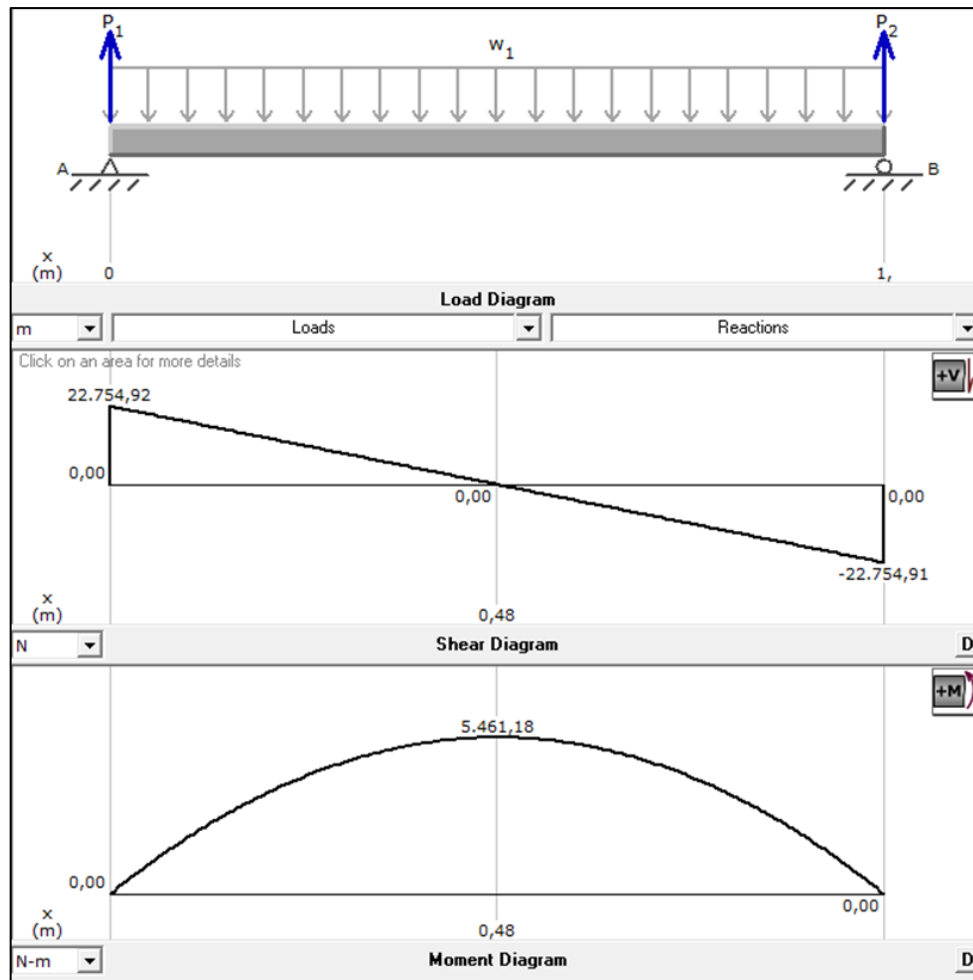
## 2.2. Diagrama de cuerpo libre del carrete

En la Fig. 20 se representa la carga distribuida que actúa en el carrete y las reacciones.



**Figura 20.** Diagrama del cuerpo libre

Los valores del esfuerzo cortante y momento flector máximo que se producen en el cilindro se obtuvieron con la ayuda del Software MDSolids, y se muestran a continuación en la Fig. 21.



**Figura 21.** Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el cilindro

A: El valor de la fuerza cortante máxima es:

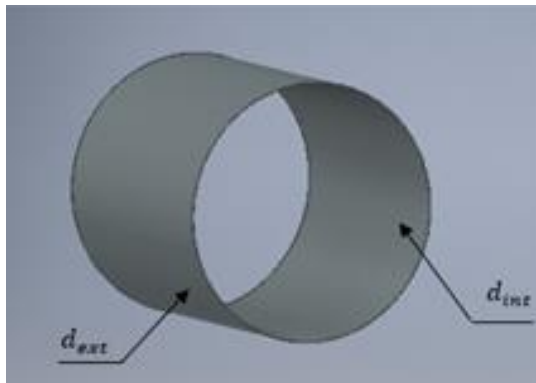
$$V_{\text{máx}} = |-V|_{\text{máx}} = 22754,92 \text{ N}$$

B: El valor del momento flector máximo es:

$$M_{\text{máx}} = 5461,18 \text{ Nm}$$

### 2.3. Diseño del cilindro

Por la disponibilidad de las planchas de acero A-36 en el mercado local y tomando como referencia las dimensiones según la norma DIN 46395 se ocupa como datos de diseño: 0,88 m de diámetro exterior y 3 mm de espesor de pared representados en la Fig. 22.



**Figura 22.** Diámetros del cilindro

El esfuerzo máximo de flexión se calcula por medio de la ecuación

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

El valor del momento flector máximo es:

$$M = 5461,18 \text{ [N-m]}$$

Luego se obtiene el valor de la distancia al punto neutro

$$c = \frac{d_{ext}}{2}$$

$$c = \frac{0,88 \text{ m}}{2} = 0,44 \text{ m}$$

Para valorar la inercia se emplea la ecuación siguiente, (ver anexo 3).

$$I = \frac{\pi}{64} (d_{ext}^4 - d_{int}^4)$$

$$I = \frac{\pi}{64} ((0,88)^4 - (0,877m)^4)$$

$$I = 3,99 * 10^{-4} [m^4]$$

### 2.3.1. Diseño estático

Sustituyendo los valores calculados arriba se consigue el valor del esfuerzo máximo de flexión.

$$\sigma_x = \frac{5461,18 [N - m] * 0,44 m}{3,99 * 10^{-4} m^4}$$

$$\sigma_x = 6,02 [MPa]$$

Para calcular el valor del esfuerzo cortante máximo se emplea la ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{M_r}{J}$$

Para evaluar la inercia polar se usa la ecuación siguiente, (ver anexo 3).

$$J = \frac{\pi}{32} (d_{ext}^4 - d_{int}^4)$$

$$J = \frac{\pi}{32} ((0,88)^4 - (0,877m)^4)$$

$$J = 7,98 * 10^{-4} [m^4]$$

Reemplazando los valores se cuantifica el esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_{xy} = \frac{5461,18 [N - m] * 0,44 m}{7,98 * 10^{-4} m^4}$$

$$\tau_{xy} = 3,01 [MPa]$$

Como se manifestó en el numeral 1.18 del presente trabajo para establecer el factor de seguridad estático se usa la ecuación reducida de Von Mises. Para ejes giratorios se contempla un esfuerzo uniaxial con cortante  $\sigma_y = 0$  [29].

Para encontrar el esfuerzo se utiliza la ecuación 13.

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3 * (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{(6,02 \text{ MPa})^2 + 3 * (3,01 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma' = 7,96 \text{ [MPa]}$$

### 2.3.2. Factor de seguridad estático

El valor del factor seguridad por falla estática del cilindro se calcula por medio de la ecuación 12.

$$n_e = \frac{S_y}{\sigma'}$$

La resistencia a la fluencia y a la tracción del acero A-36 son:

$$S_y = 250 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ut} = 400 \text{ [MPa]}$$

Por lo tanto:

$$n_e = \frac{250 \text{ [MPa]}}{7.96 \text{ [MPa]}}$$

$$n_e = 31,4$$



Es evidente que el factor seguridad del cilindro es elevado y aplicando la relación  $31,4 > 10$  se determina que el diseño es adecuado y no va a fallar, esto se debe principalmente a las características del material utilizado, las dimensiones y la geometría del elemento.

### 2.3.3. Diseño dinámico

Como se expuso en el numeral 1.19 del presente trabajo para determinar el factor de seguridad dinámico se aplica el método de Goodman a partir del cálculo de los valores de los esfuerzos medio y máximo de flexión.

Mediante la ecuación 15 se obtiene el esfuerzo medio.

$$\sigma_m = \sqrt{3 * (3.01 N - m)^2}$$

$$\sigma_m = 5,21 \text{ [MPa]}$$

Aplicando la ecuación 16 se calcula el límite de resistencia a la fatiga en el eje rotatorio.

$$S'_e = 0,5 S_{ut}$$

$$S'_e = (0,5) * 400 \text{ [MPa]}$$

$$S'_e = 200 \text{ [MPa]}$$

El límite de resistencia a la fatiga del cilindro se halla mediante la ecuación 17.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e$$

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

$$k_a = 1,58 * 400^{-0,085} = 0,94$$

En la tabla 12 se muestra los valores del factor “a” y el exponente “b” para una superficie esmerilada.

**Tabla 12.** Factor de superficie ( $k_a$ )

Acabado Superficial	Factor a		Exponente b
	Sut kpsi	Sut Mpa	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o Laminado en Frio	2,7	4,51	-0,265
Laminado en Caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la Forja	39,9	272	-0,995

**Nota.** Para hallar las variables “a” y “b” se contempla una superficie esmerilada [29].

$$k_b = 1,189 * d^{-0,097}$$

$$k_b = 1,189 * 0,88^{-0,097}$$

$$k_b = 1,20$$

$$k_c = 0,868 \text{ (Confiabilidad del 95\%)}$$

**Tabla 13.** Factor de confiabilidad ( $k_c$ )

Confiabilidad %	Variación de Transformación Xe	Factor de Confiabilidad Kc
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753

**Nota.** Se considera una confiabilidad del 95% [29].

$$k_d = 1 \text{ (Temperatura de ambiente de trabajo)}$$

**Tabla 14.** Factor de temperatura ( $k_d$ )

Temperatura °C	ST/SRT	Temperatura °F	ST/SRT
20	1	70	1
50	1,01	100	1,008
100	1,02	200	1,02
150	1,025	300	1,024

**Nota.** Se considera una temperatura ambiente de 20°C [29].

$$k_e = \frac{1}{k_{fs}}$$

$$k_e = \frac{1}{2.7} \text{ (Se utilizará soldadura de filete)}$$

$$k_e = 0,37$$

$$k_f = 1 \text{ (Efectos varios)}$$

Se sustituyen los valores en la ecuación 17

$$S_e = 0,94 * 1,20 * 0,868 * 1 * 0,37 * 1 * 200 \text{ [MPa]}$$

$$S_e = 72,45 \text{ [MPa]}$$

$$S_e < S_y$$

$$72,45 \text{ [MPa]} < 250 \text{ [MPa]}$$

Del resultado obtenido se tiene que el cilindro resiste a la fatiga ya que cumple con el criterio, que el límite de resistencia del elemento sujeto a cualquier tipo de carga ( $S_e$ ) es menor a la resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) [33].

#### 2.3.4. Factor de seguridad dinámico

El valor del factor de seguridad dinámico será calculado haciendo uso de la ecuación 18.

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_x}{S_e}}$$

$$n_f = \frac{1}{\frac{5.21 \text{ [MPa]}}{400 \text{ [MPa]}} + \frac{6.02 \text{ [MPa]}}{72.45 \text{ [MPa]}}}$$

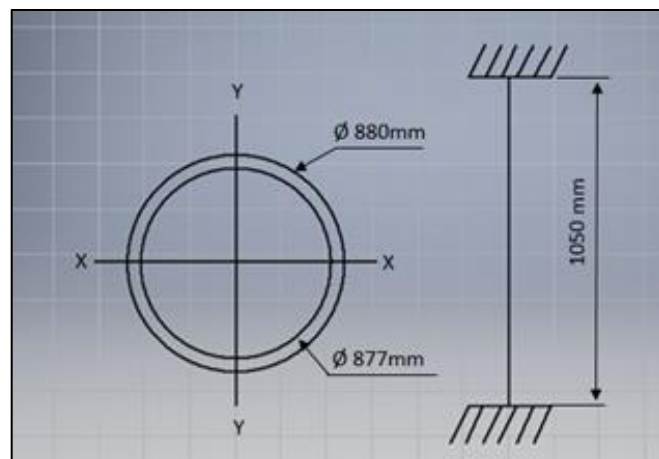
$$n_f = 10,4$$

Al comparar los valores de los factores de seguridad dinámico y estático se observa que es más bajo el factor de seguridad dinámico, pese a este hecho 10,4 es un coeficiente que niega la posibilidad de falla en el cilindro.

#### 2.4. Diseño del cilindro a compresión

Para este estudio se toma como referencia una viga sometida a compresión.

En la Fig. 23 se representa la sección y la longitud del cilindro.



**Figura 23.** Dimensiones del cilindro

Para calcular la inercia del cilindro se usa la ecuación 11.

$$I = \frac{\pi}{64} (d_{ext}^4 - d_{int}^4)$$

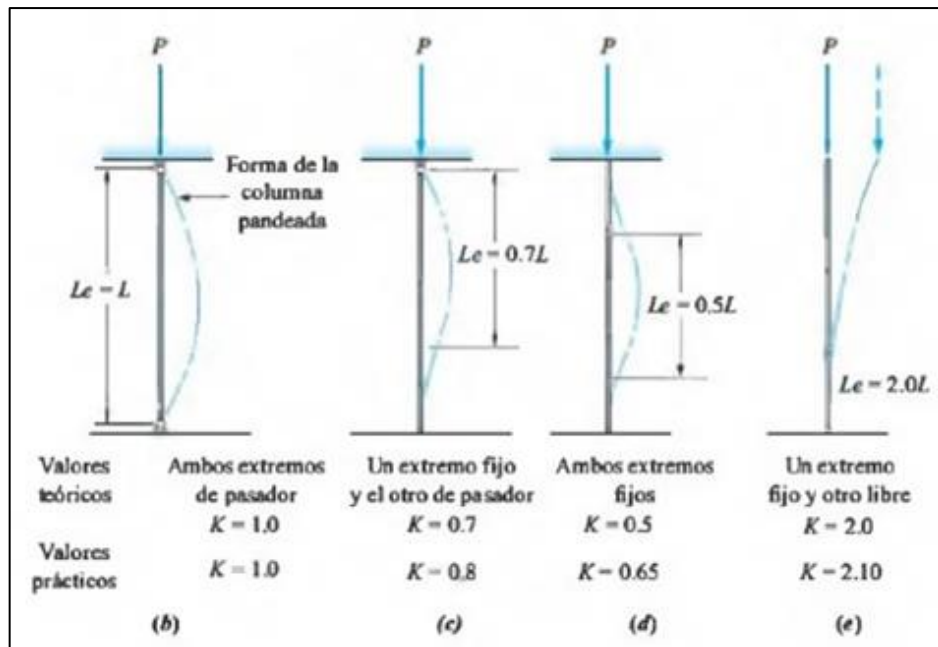
$$I = \frac{\pi}{64} (0.88 \text{ m}^4) - (0.877 \text{ m}^4)$$

$$I = 3,99 * 10^{-4} [\text{m}^4]$$

Cálculo de la esbeltez

$$\lambda_x = \frac{k * l_x}{r_x}$$

En la Fig. 24 se puede apreciar los tipos de sujeción y las longitudes efectivas de las columnas, para este estudio se ha seleccionado la opción (d) donde el valor de k es 0,65.



**Figura 24.** Valores de k teóricos y prácticos [24].

Luego se determina el radio de giro mediante la ecuación 21.

$$r_x = \sqrt{\frac{3.99 * 10^{-4} m^2}{4.14 * 10^{-3} m^2}}$$

$$r_x = 0,310 \text{ m}$$

Finalmente se reemplaza los valores en la ecuación 19.

$$\lambda_x = \frac{0.65 * 1.05 \text{ m}}{0.310 \text{ m}}$$

$$\lambda_x = 2,20$$

El valor de la esbeltez es 2,20 y para determinar si el elemento es esbelto se utiliza la ecuación 23.

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 200000 \text{ [MPa]}}{250 \text{ [MPa]}}}$$

$$C_c = 125,66$$

La relación de esbeltez real se establece mediante la siguiente ecuación.

$$L_e = K * L$$

$$L_e = 0,65 * (1050 \text{ mm})$$

$$L_e = 682,5 \text{ [mm]}$$

Reemplazando valores en la ecuación 20

$$\frac{L_e}{r} = \frac{682.5 \text{ [mm]}}{310 \text{ [mm]}} = 2,20$$

Como se observa  $2,20 < 125,66$  es decir que  $L_e/r < C_c$  entonces cumple con la condición de un elemento corto.

Con el cálculo de la esbeltez, ahora se busca el valor de la fuerza  $F_y$  determinado en la tabla C-36 del Manual de la American Institute of Steel Construction AISC; como dicho valor no se encuentra exactamente con números decimales se procede a la interpolación para obtener un valor exacto.

**Tabla 15.** Interpolación de la esbeltez

$kl/r$	$F_y = 36 \text{ ksi}$
2	21.52
2.20	21.4992
3	21.48

**Nota.** Para encontrar el valor de  $F_y$  se procede a interpolar [34].

Una vez calculado la fuerza para una esbeltez de 2,20 se procede a calcular el esfuerzo a compresión utilizando la ecuación 24.

$$\sigma_a = \frac{P}{A} [\sigma_a]$$

$$P = \sigma_a * A$$

$$P = 21.4992 \frac{Klb}{plg^2} * 6.41 plg^2$$

$$P = 137,81 \text{ Klb}$$

$$P = 62640,9 \text{ kg} \approx 62,6 * 10^3 \text{ kg}$$

Como la carga real que soporta el cilindro es  $P = 4643,86 \text{ Kg}$ ; y dada la condición:  $62,6 \times 10^3 \text{ Kg} > 4,64 \times 10^3 \text{ Kg}$ , se concluye que el elemento soporta el esfuerzo a compresión.

## 2.5. Cálculo de la soldadura en el cilindro

La soldadura del cilindro se realiza mediante el proceso denominado SMAW, las propiedades mecánicas del electrodo empleado se presentan a continuación.

Electrodo AGA 6011

- Resistencia a la tracción 495 MPa o  $5047,5 \frac{Kg}{cm^2}$
- Límite a la fluencia 424 MPa
- Alargamiento 27%

P = 4643,86 Kg (Peso que soportará el cilindro)

n = 0,3 cm (espesor del material)

l = 105 cm (longitud del cordón)

$$\sigma_{adm} = \frac{4643.86 \text{ Kg}}{0,3cm \times 105cm} \leq 0,6 \times 5047,5 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$147,42 \frac{Kg}{cm^2} \leq 3028,5 \frac{Kg}{cm^2}$$

Al cumplirse la condición:

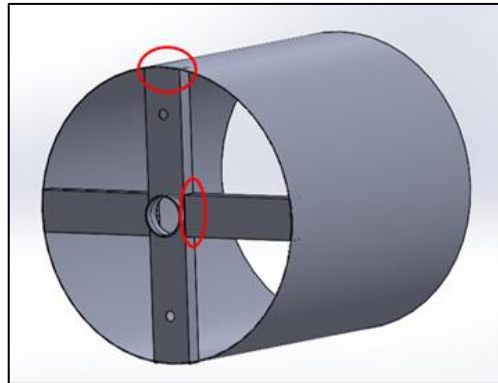
$$\sigma_{adm} \leq 0,6 \times \sigma_{mat}$$

Se puede asegurar que la suelda no fallará por cuanto su resistencia es mayor a la carga expuesta.

## 2.6. Cálculo de la junta soldada del soporte central del cilindro

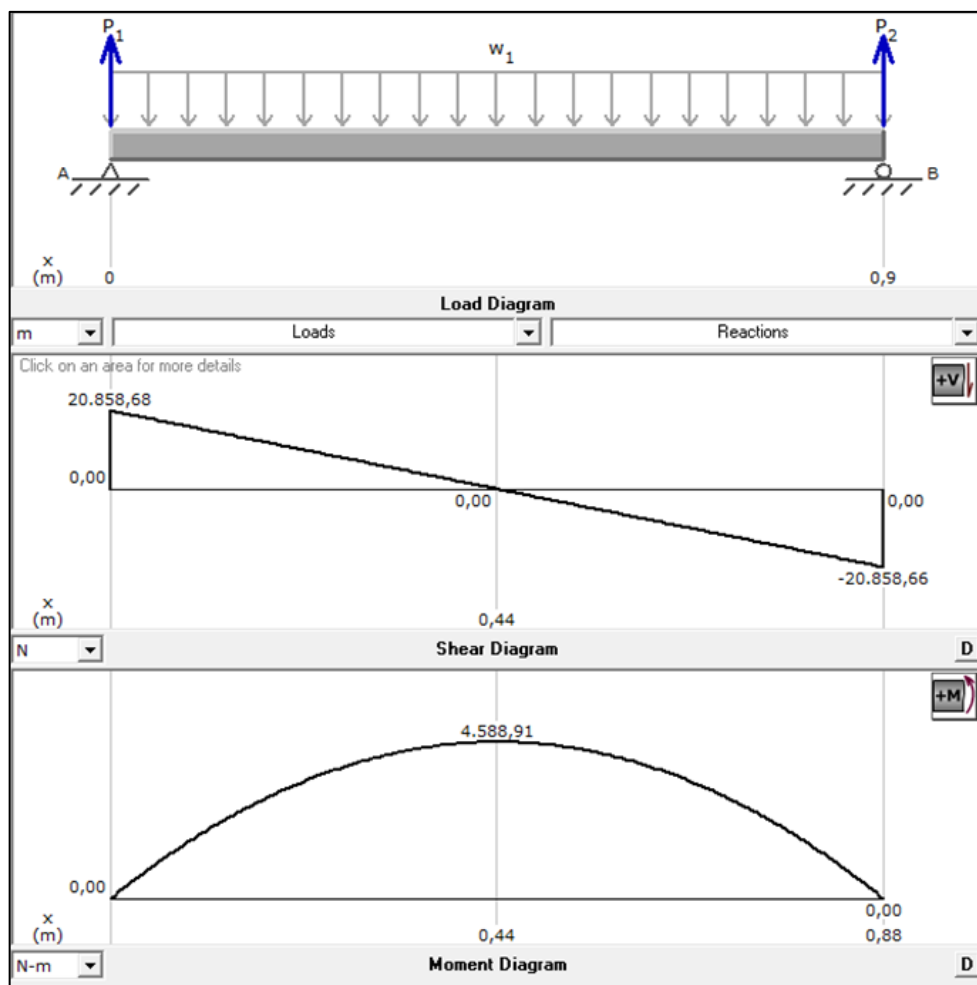
Los puntos de mayor concentración de esfuerzos que se presentan en el carrete están localizados en la unión del soporte central con el cilindro por tal motivo es necesario realizar un análisis de la soldadura tal y como se muestra en la Fig. 25.





**Figura 25.** Determinación de soldadura en el cilindro

Los valores del esfuerzo cortante y momento flector máximo que se producen en el soporte central se obtuvieron con la ayuda del Software MDSolids, y se muestran a continuación en la Fig. 26.



**Figura 26.** Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector en la junta soldada

El esfuerzo cortante producido en la junta soldada está definido por la ecuación 26.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

Para calcular el área de la garganta del cordón de soldadura se utiliza la ecuación 27.

Debido al espesor del material se resuelve emplear una garganta de soldadura igual a 3/16 donde  $h = 4,8 \text{ mm}$ .

Se ha seleccionado un perfil “C” de 200 mm x 50 mm x 6 mm del catálogo de aceros DIPAC. (ver anexo 4).

$$A = 0.707 h (2b + d)$$

$$A = 0.707 * 4.8\text{mm} [2 * (50\text{mm}) + 200\text{mm}]$$

$$A = 1018,08 \text{ mm}^2$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$\tau' = \frac{20858.68 \text{ N}}{1018.08 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 20,48 \text{ [MPa]}$$

El siguiente paso es calcular el valor del esfuerzo cortante horizontal mediante la ecuación 28

$$\tau'' = \frac{M_c}{I}$$

El valor del momento de inercia en el área se cuantifica usando la fórmula:

$$I = 0,707 * h * I_u$$

Para este propósito se debe calcular el momento de inercia unitario y se emplea la ecuación mostrada a continuación:

$$I_u = \frac{d^2}{12} (6b + d)$$

$$I_u = \frac{200^2}{12} [6(50mm) + 200mm]$$

$$I_u = 1,66 * 10^6 \text{ mm}^3$$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$I = 0,707 * h * I_u$$

$$I = 0,707 * 4,8 \text{ mm} * 1,66 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I = 5633376 \text{ mm}^4$$

Ahora si se establece el esfuerzo cortante horizontal.

$$\tau'' = \frac{4588.91 \text{ Nm} * 0.1m}{5633376 \text{ mm}^4} * \frac{1000000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$\tau'' = 81,45 \text{ [MPa]}$$

Finalmente se obtiene el módulo del esfuerzo en la junta soldada.

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = \sqrt{(20.48 \text{ MPa})^2 + (81.45 \text{ MPa})^2}$$

$$\tau = 83,98 \text{ [MPa]}$$

El electrodo que se emplea es el ER 70S-6 y sus propiedades se detallan a continuación (ver anexo 5).

$$S_y = 415 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ut} = 530 \text{ [MPa]}$$

Para calcular el valor del esfuerzo permisible del electrodo descrito se emplea la ecuación 32.

$$S_{Sy} = 0.60 * S_y$$

$$S_{Sy} = 0,60 * 415$$

$$S_{Sy} = 249 \text{ [MPa]}$$

Finalmente se obtiene el valor del factor de seguridad mediante la ecuación 33.

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau}$$

$$n = \frac{249 \text{ [MPa]}}{83.98 \text{ [MPa]}}$$

$$n = 2,96$$

Utilizando la relación  $2,96 > 1,44$  se comprueba que la junta soldada es adecuada y no va a fallar.

## CAPÍTULO III

### 3.1. Costos y simulación del carrete

La finalidad del presente capítulo es establecer los rubros de cada actividad relacionada con la construcción del carrete, calcular el valor de los materiales utilizados, deducir la rentabilidad, el VAN, la TIR y finalmente simular de manera estática.

#### 3.1.1. Costos directos

Son el conjunto de gastos que se asocian a la construcción del carrete, denominados también como costos de producción, los más usuales son los valores de materia prima y de mano de obra.

#### 3.1.2. Costos de materia prima

Corresponden al valor de los materiales utilizados en la construcción del carrete.

**Tabla 16.** Costos de materia prima

Ítem	Descripción	Cantidad	Dimensiones (mm)	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Plancha de acero	1	3	69,00	69,00
2	Plancha de acero	4	0,9	17,16	68,64
3	Perfil U	1	200 x 50 x 6	48,00	48,00
4	Canal U	2,5	50 x 25 x 3	9,54	23,85
5	Platina de acero	2,5	50 x 5	8,50	21,25
6	Platina de acero	4	30 x 3	7,50	30,0
7	Platina de acero	2	25 x 3	5,50	11,00
8	Tubo Ø140	2	60 x 6	7,00	14,00
				<b>Total</b>	<b>285,74</b>

### 3.1.3. Costo de mano de obra

Son los precios de los esfuerzos físicos y mentales que se emplean durante la fabricación del carrete.

**Tabla 17.** Costo de mano de obra

Descripción	Procedimiento	Número de horas	Costo hora hombre / máquina (USD)	Costo Total (USD)
Cilindro	Corte de la plancha de acero	0,5	3,00	1,50
	Barolado y conformado del cilindro	1	5,00	5,00
	Soldadura eléctrica	2	7,00	14,00
Soporte central del cilindro	Corte y redondeado del perfil U	3	4,00	12,00
	Perforación	0,5	2,00	1,00
	Corte del bocín central	1	4,00	4,00
	Soldadura MIG	4	12,00	48,00
Pliegues	Corte de la plancha de acero	1	3,00	3,00
	Prensado de los pliegues	6	5,00	30,00
	Corte y curvado del canal U	4	5,00	20,00
	Corte y curvado de la platina	3	5,00	15,00
	Soldadura MIG	8	12,00	96,00
Pintura	Esmerilado, lijado y limpieza	4	9,00	36,00
			<b>Total</b>	<b>285,50</b>

A continuación se muestra un resumen de los costos directos.

**Tabla 18.** Costos directos

Descripción	Valor Total (USD)
Materia prima	285,74
Mano de obra	285,50
<b>Total</b>	<b>571,24</b>

### 3.1.4. Costos indirectos

Comprenden aquellos costos que no son ni materiales ni mano de obra.

**Tabla 19.** Costos indirectos

Ítem	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Transporte	1		12,00	12,00
2	Electrodos AGA 6011	1	Libra	1,25	1,25
3	Disco de desbaste	2	N° 40	2,00	4,00
4	Disco de lija	3	N° 40	4,00	12,00
5	Lija para metal	5	N° 200	0,50	2,50
6	Guaipes	10		0,10	1,00
7	Thinner	2	Galón	8,70	17,40
8	Pintura anticorrosiva	1	Galón	22,79	22,79
				<b>Total</b>	<b>72,94</b>

### 3.1.5. Costo de producción

Es el cómputo de los costos directos e indirectos.

**Tabla 20.** Costo de producción

Descripción	Valor Total (USD)
Costos directos	571,24
Costos indirectos	72,94
<b>Total</b>	<b>644,18</b>

### 3.1.6. Costos de ingeniería

Son los costos que involucran el tiempo y conocimiento que un profesional dedica al diseño, cálculos, elaboración de planos, etc. estos costos están comprendidos entre el 20% y 25% del costo de producción, para este caso se ha tomado el 25%.

Se debe tomar en cuenta que estos costos se emplean una sola vez y por lo tanto afectan al primer carrete, a partir del segundo ya no se realiza el diseño sino simplemente se construye.

**Tabla 21.** Costos de ingeniería

<b>Descripción</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Costos de ingeniería	161,50
<b>Total</b>	<b>161,50</b>

### 3.1.7. Costos imprevistos

Existen gastos que son imposibles de pronosticar y puede ser que nunca lleguen, como alternativa se calcula normalmente con un porcentaje del costo de producción que está entre 1% y 5%. Para este caso se ha ocupado el 5%.

**Tabla 22.** Costos imprevistos

<b>Descripción</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Costos imprevistos	32,20
<b>Total</b>	<b>32,20</b>

### 3.1.8. Costo total unitario

Corresponde a la adición de los costos de producción más imprevistos.

**Tabla 23.** Costo total unitario

<b>Descripción</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Costo de producción	644,18
Costos imprevistos	32,20
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>676,38</b>



### 3.1.9. Margen de ganancia

Es un índice que indica la rentabilidad de un producto, se expresa como porcentaje. Para el caso del carrete se ha utilizado el costo total unitario calculado en el presente trabajo y el precio de venta unitario informado por “SITEC”; se exhibe a continuación el resumen.

**Tabla 24.** Margen de ganancia

<b>Costo total (USD)</b>	<b>Precio de venta (USD)</b>	<b>Utilidad (USD)</b>	<b>Margen de ganancia</b>
676,38	1200,00	523,62	43,63%

### 3.1.10. Cálculo de la TIR y el VAN

Dos parámetros empleados a la hora de calcular la viabilidad de cualquier proyecto son el valor actual neto y la tasa interna de retorno; parten de la condición de que el valor del dinero cambia con el paso del tiempo.

Ambos se basan en la estimación de los flujos de fondos en distintos periodos por lo general años o meses a los que se les aplica una tasa de descuento.

Como punto de partida para esta operación se ha obtenido el flujo anual del año 2017 basado en las ventas ocurridas e informados por Industrias Metálicas “SITEC” desde enero a diciembre, así mismo se han utilizado el precio de venta unitario y el costo total unitario expresados en el numeral 3.1.9 del presente proyecto.

Se expone a continuación la síntesis en un cuadro.

<b>FLUJO MENSUAL</b>														
Tipo	Cliente	Cantidades vendidas por mes												Cantidad Anual
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
de unidades	Electrocables	0	0	3	0	0	3	3	0	0	3	0	0	12
	Conelsa	0	4	0	4	4	0	0	4	0	4	4	0	24
	<b>Total</b>	0	4	3	4	4	3	3	4	0	7	4	0	36
de ventas	Electrocables	0	0	3.600	0	0	3.600	3.600	0	0	3.600	0	0	14.400
	Conelsa	0	4.800	0	4.800	4.800	0	0	4.800	0	4.800	4.800	0	28.800
	<b>Total</b>	0	4.800	3.600	4.800	4.800	3.600	3.600	4.800	0	8.400	4.800	0	43.200
de costos	Electrocables	0	0	2029	0	0	2029	2029	0	0	2029	0	0	8.117
	Conelsa	0	2.706	0	2.706	2.706	0	0	2.706	0	2.706	2.706	0	16.233
	<b>Total</b>	0	2.706	2.029	2.706	2.706	2.029	2.029	2.706	0	4.735	2.706	0	24.350
de utilidad	Electrocables	0	0	1571	0	0	1571	1571	0	0	1571	0	0	6.283
	Conelsa	0	2.094	0	2.094	2.094	0	0	2.094	0	2.094	2.094	0	12.567
	<b>Total</b>	0	2.094	1.571	2.094	2.094	1.571	1.571	2.094	0	3.665	2.094	0	18.850

Luego se programan los flujos anuales para los años 2018, 2019 y 2020 usando las tasas de crecimiento proyectadas por el Banco Central del Ecuador y publicadas por la Cámara de Comercio de Guayaquil en su informe Previsiones de crecimiento económico 2017, mismas que se muestran a continuación.

**Tabla 25.** Perspectiva de crecimiento del Ecuador

<b>Año</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>
2018	2,0%
2019	2,1%
2020	2,4%

**Fuente:** [35].

Se exponen a continuación las cifras en un resumen.

<b>FLUJO ANUAL PROYECTADO</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Cliente</b>	<b>Año</b>				<b>Total</b>
		<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	
<b>de ventas</b>	Electrocables	14.400	14.688	14.996	15.356	<b>59.441</b>
	Conelsa	28.800	29.376	29.993	30.713	<b>118.882</b>
	<b>Total</b>	<b>43.200</b>	<b>44.064</b>	<b>44.989</b>	<b>46.069</b>	<b>178.322</b>
<b>de costos</b>	Electrocables	8.117	8.279	8.453	8.656	<b>33.504</b>
	Conelsa	16.233	16.558	16.905	17.311	<b>67.008</b>
	<b>Total</b>	<b>24.350</b>	<b>24.837</b>	<b>25.358</b>	<b>25.967</b>	<b>100.511</b>
<b>de utilidad</b>	Electrocables	6.283	6.409	6.544	6.701	<b>25.937</b>
	Conelsa	12.567	12.818	13.087	13.401	<b>51.874</b>
	<b>Total</b>	<b>18.850</b>	<b>19.227</b>	<b>19.631</b>	<b>20.102</b>	<b>77.811</b>

Finalmente se obtienen los valores de la TIR y el VAN aplicando una tasa de descuento igual a la tasa máxima de interés activa efectiva vigente para el sector financiero privado, público - popular y solidario publicada por el Banco Central del Ecuador para el segmento PYMES cuyo valor es del 11,83% anual [36].

## CÁLCULO DE LA TIR y EL VAN

<b>Tasa de descuento</b>	11,83%
--------------------------	--------

<b>Período</b>	<b>Flujo de fondos</b>
0	-\$24.350
1	\$19.227
2	\$19.631
3	\$20.102



<b>TIR</b>	<b>60,93%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 22.913,95</b>

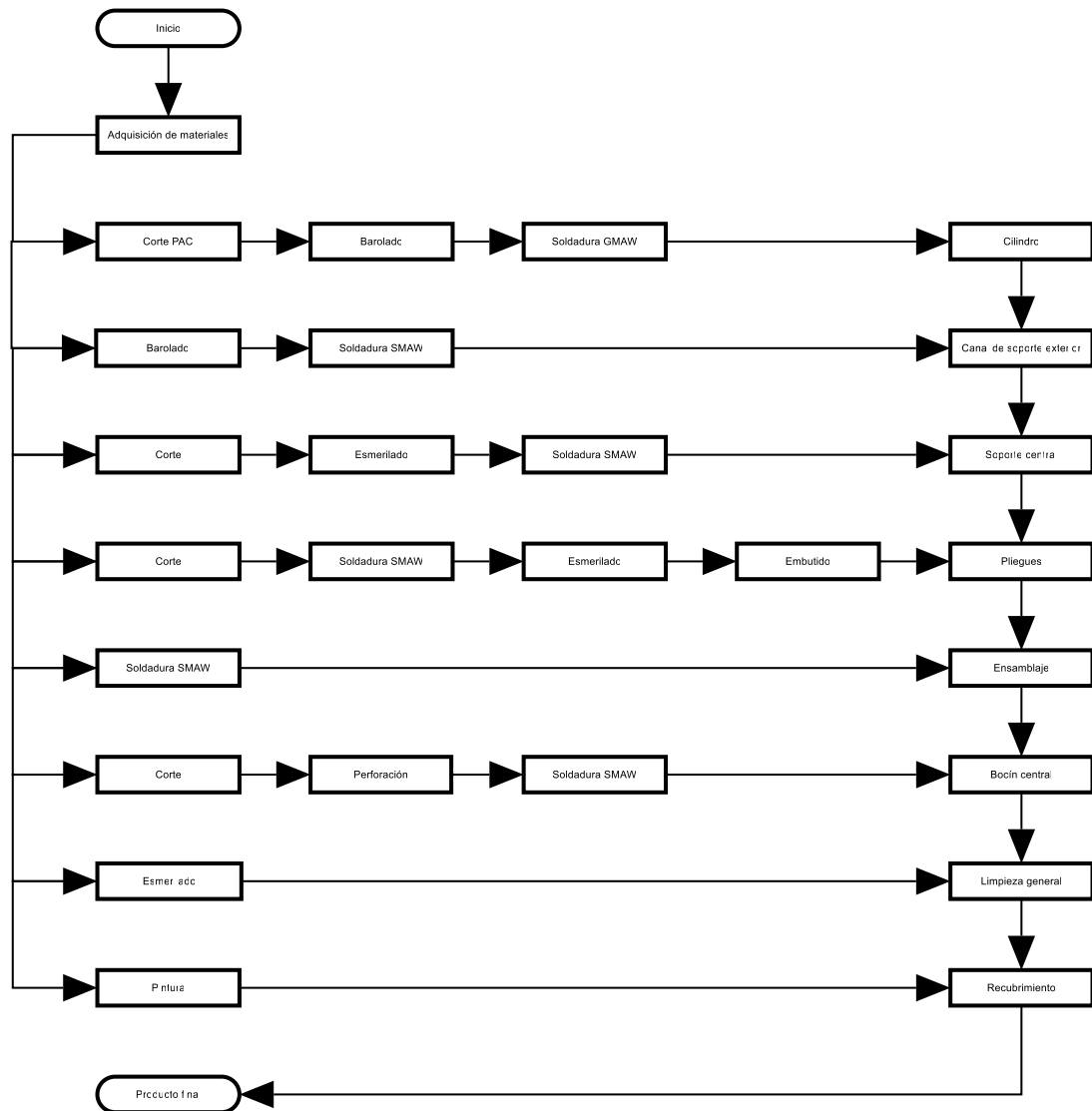
Como el VAN es mayor a cero se deduce que el proyecto es rentable.

### 3.2. Comparación de los modelos antiguo y actual del carrete

#### 3.2.1. Construcción del modelo antiguo

Los carretes se elaboraban sin seguir un diseño establecido, como consecuencia se generaban problemas de deformación en su estructura.

En la Fig. 27 se representa el proceso de fabricación de un carrete antiguo.



**Figura 27.** Construcción del carrete antiguo

A continuación se describe el proceso.

**Cilindro:** en primer lugar se realiza el corte de la plancha de acero de 2764 mm x 1050 mm y 5 mm de espesor mediante la técnica PAC (Plasma Arc Cutting), posteriormente se efectúa el barolado y finalmente se unen sus extremos usando soldadura GMAW.

**Canal de soporte exterior:** se utiliza un perfil tipo “C” (50x25x3) de 6280 mm de longitud, al mismo se le practica el barolado y se sueldan sus filos mediante soldadura SMAW.

**Soporte central:** se hace el corte y esmerilado de tres perfiles tipo “C” (150x50x3) uno de 872 mm y dos de 338 mm y se unen en forma de cruz por medio de soldadura SMAW.

**Pliegues:** como primer paso se cortan tres planchas de acero de 50 mm x 2240 mm y 0,7 mm de espesor, se las une mediante soldadura SMAW formando un solo cuerpo de 50 mm x 6720 mm, se realiza el esmerilado y se procede al embutido en la prensa hidráulica.

**Ensamble de cilindro, pliegues y canal de soporte exterior:** se colocan las tres partes a acoplar en una matriz, se verifica que estén perfectamente alineadas y se juntan mediante soldadura SMAW.

**Bocín central:** se corta un tubo de 120 mm de diámetro x 70 mm de longitud y 4 mm de espesor haciendo uso de la cizalla eléctrica.

Luego se realiza una perforación en el soporte central mediante la técnica PAC y se acopla con el bocín utilizando soldadura SMAW.

**Limpieza:** consiste en esmerilar todos los excesos de soldadura y luego se aplica a toda la superficie un aditivo anticorrosivo previo al recubrimiento.

**Recubrimiento:** se realiza utilizando pintura para metal color rojo.

También se ha efectuado el cálculo del costo unitario de fabricación y el resumen se presenta a continuación:

**Tabla 26.** Costo de fabricación de un carrete antiguo

<b>Costo</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Materiales	291,35
Insumos	74,19
Mano de obra	208,00
Imprevistos	30,00
<b>Total</b>	<b>603,54</b>

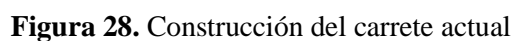
Por garantía cuando un carrete ha sufrido daños estructurales Industrias Metálicas “SITEC” debe incurrir en gastos no programados como la reparación que corresponde a un valor promedio de 200 USD o el reemplazo que equivale al costo de fabricación es decir 603,54 USD.

Así mismo la vida útil promedio y el peso total tienen valores de 3 años y 156,24 Kg respectivamente.

### **3.2.2. Construcción del modelo actual**

Luego de los inconvenientes expuestos en el antiguo modelo del carrete, se recurre al diseño mecánico para incrementar la calidad y reducir los problemas estructurales de tal manera que el mismo cumpla y funcione de manera adecuada.

En la Fig. 28 se representa el proceso de fabricación de un carrete actual.



**Cilindro:** como primer paso se realiza el corte de la plancha de acero de 2764 mm x 1050 mm y 3 mm de espesor mediante la técnica PAC (Plasma Arc Cutting),



posteriormente se efectúa el barolado y finalmente se unen sus extremos usando soldadura GMAW.

**Canal de soporte exterior:** se utiliza un perfil tipo “C” (50x25x3) de 6280 mm de longitud, al mismo se le practica el barolado y se sueldan sus filos mediante soldadura SMAW.

**Soporte central:** se hace el corte y esmerilado de tres perfiles tipo “C” (200x50x6) uno de 872 mm y dos de 338 mm y se unen en forma de cruz por medio de soldadura SMAW.

**Pliegues:** como primer paso se cortan tres planchas de acero de 50 mm x 2240 mm y 1 mm de espesor, se las une mediante soldadura SMAW formando un solo cuerpo de 50 mm x 6720 mm, se realiza el esmerilado y se procede al embutido en la prensa hidráulica.

**Ensamble de cilindro, pliegues y canal de soporte exterior:** se colocan las tres partes a acoplar en una matriz, se verifica que estén perfectamente alineadas y se juntan mediante soldadura SMAW.

**Platina de refuerzo de los bordes del carrete:** se realiza la unión de una platina de (50x5) y 6290 mm de longitud con el borde del carrete haciendo uso de soldadura SMAW.

**Platina de soporte de los pliegues:** se corta de una platina de (25x3) y 4333 mm de largo, posteriormente se le practica el barolado y finalmente se la une en la mitad de los pliegues mediante soldadura SMAW.

**Bocín central:** se corta un tubo de 140 mm de diámetro x 70 mm de longitud y 6 mm de espesor haciendo uso de la cizalla eléctrica.

Luego se realiza una perforación en el soporte central mediante la técnica PAC y se acopla con el bocín utilizando soldadura SMAW.

**Brida central:** se corta una placa de acero de (200x200x6) mediante técnica PAC y se procede a unir con la parte posterior del soporte central usando soldadura SMAW.

**Limpieza:** consiste en esmerilar todos los excesos de soldadura y luego se aplica a toda la superficie un aditivo anticorrosivo previo al recubrimiento.

**Recubrimiento:** se realiza utilizando pintura para metal colores rojo y plomo.

Luego de aplicar el proceso planteado se estima que la vida útil promedio será de 5 años, siempre y cuando la operación sea normal y el mantenimiento sea adecuado.

A manera de sinopsis se presenta en el siguiente cuadro las partes que conforman los carretes y los procesos empleados para la fabricación.

PARTE DEL CARRETE	PROCESO	
	MODELO ANTIGUO	MODELO ACTUAL
Cilindro	Corte	Corte
	Barolado	Barolado
	Soldadura GMAW	Soldadura GMAW
Canal de soporte exterior	Barolado	Barolado
	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW
Soporte central	Corte	Corte
	Esmerilado	Esmerilado
	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW
Pliegues	Corte	Corte
	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW
	Esmerilado	Esmerilado
	Embutido	Embutido
Ensamble de cilindro, pliegues y canal de soporte exterior	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW
Platina de refuerzo de los bordes	No aplica	Soldadura SMAW
Platina de soporte de los pliegues	No aplica	Corte
		Barolado
		Soldadura SMAW
Bocín central	Corte	Corte
	Perforación	Perforación
	Soldadura SMAW	Soldadura SMAW
Brida central	No aplica	Corte
		Soldadura SMAW
Limpieza	Esmerilado	Esmerilado
Recubrimiento	Pintura	Pintura

Se observa que el modelo actual tiene más partes constitutivas y por lo tanto más procesos en su fabricación, estas adecuaciones han logrado dar solución a los problemas estructurales que se presentaban en el modelo antiguo.

### 3.2.3. Resumen de comparación

A continuación se expone la comparación de cinco factores fundamentales:

**Tabla 27.** Comparación de parámetros carretes antiguo y nuevo

<b>Parámetro</b>	<b>Modelo antiguo</b>	<b>Modelo actual</b>
Costo de fabricación	603,54 USD	676,38 USD
Partes constitutivas	8 unidades	11 unidades
Peso de la estructura	156,24 Kg	182,65 Kg
Tiempo de producción	38 horas/hombre	42 horas/hombre
Vida útil promedio	3 años	5 años

El costo de fabricación es similar para los dos, el modelo actual tiene una variación del 12,06%.

Las partes constitutivas aumentaron notablemente en el modelo actual lo que provoca que el peso de la estructura se altere en un 16,90%.

La resistencia de la estructura mejoró notablemente y en consecuencia la vida útil promedio aumento en un 66%.

Así mismo se exponen las mejoras que posee el nuevo modelo de carrete:

**Tabla 28.** Mejoras en el carrete

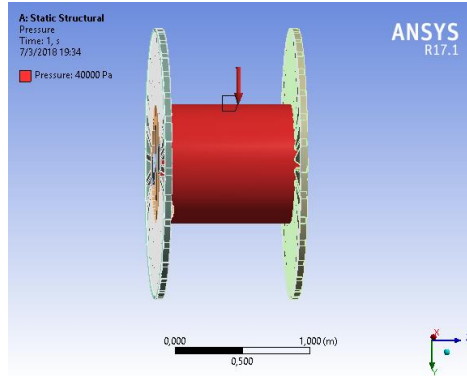
<b>Detalle</b>	<b>Modelo antiguo</b>	<b>Modelo actual</b>	<b>Observación</b>
Espesor del cilindro	5 mm	3 mm	Disminuyó el sobredimensionamiento
Espesor de los pliegues	0,7 mm	1 mm	Incrementó la resistencia
Soporte de los pliegues	n/a	25x3 mm	
Borde del flange	n/a	50x5 mm	Aumentó la rigidez

### **3.3. Simulación del carrete**

Se ha elaborado haciendo uso del Software Ansys versión 17.1; en el capítulo dos los elementos que componen el carrete se calcularon mediante distintos métodos.

Esta comprobación se lo efectúa con el fin de demostrar que los valores calculados

y los valores arrojados por el programa son equivalentes. En la Fig. 29 se presentan las cargas a las que está sometido el carrete.



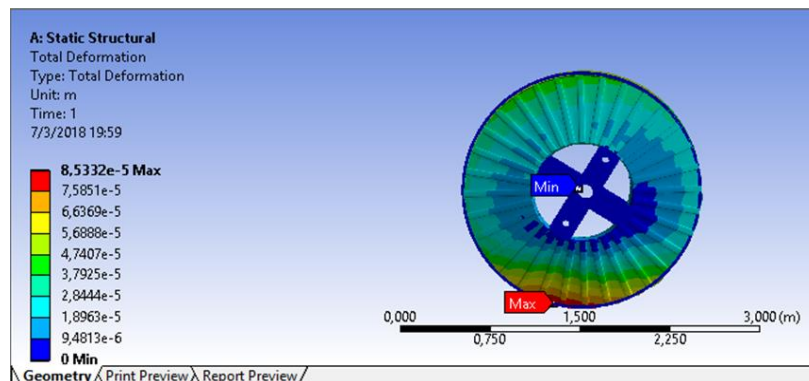
**Figura 29.** Estado de cargas

### 3.3.1. Simulación de esfuerzos

Para este propósito se ha tomado como dato la fuerza máxima ejercida por el cable que puede ser enrollado en el carrete, la misma ha sido aplicada sobre la pared del cilindro central. Así mismo se han ubicado restricciones de movimiento en los extremos del carrete.

### 3.3.2. Deformación total

En la Fig. 30 se observa la deformación total que se produce cuando el carrete está soportando la máxima carga.

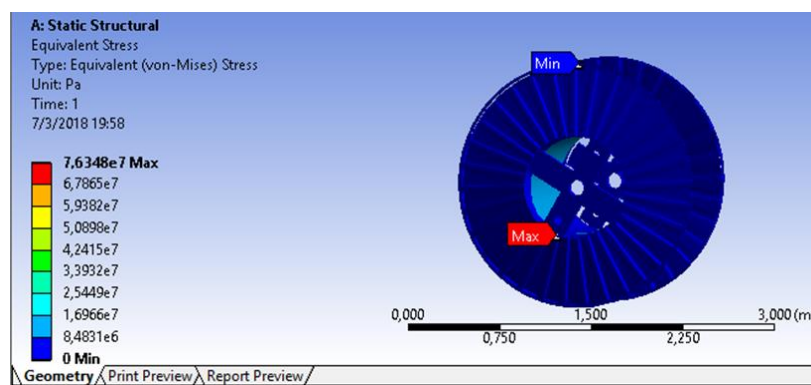


**Figura 30.** Deformación total del carrete

En el gráfico se puede apreciar que existen pequeñas deformaciones en el extremo del carrete cuyo valor máximo es de 0,0853 mm, efecto que no influye en el correcto desempeño.

### 3.3.3. Tensiones

En la Fig. 31 se evidencia la tensión que se origina cuando el carrete está sometido a la máxima carga.

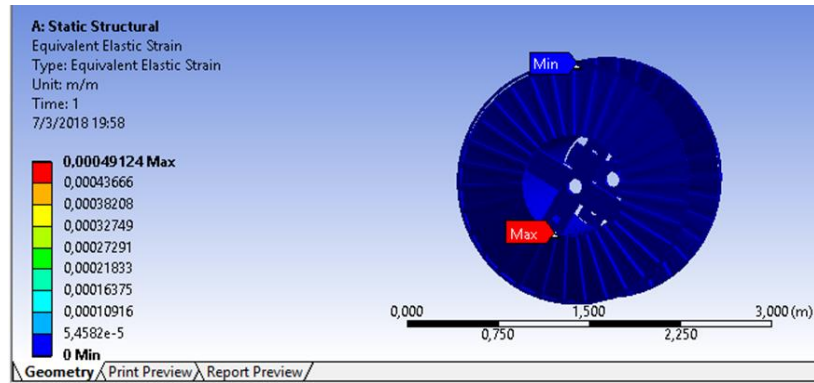


**Figura 31.** Tensiones en el carrete

El valor extremo de tensión producido en el carrete es 76,34 MPa; el límite elástico  $S_y$  del acero A-36 es 250 MPa. Comparando la tensión máxima con el límite elástico se observa que es menor y en consecuencia el funcionamiento del carrete no se ve afectado por este resultado.

### 3.3.4. Desplazamientos

En la Fig. 32 se muestran las zonas en donde se localizan los máximos y mínimos desplazamientos.

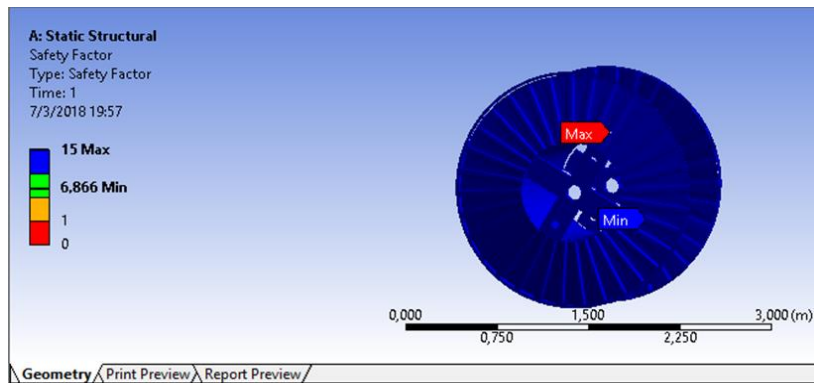


**Figura 32.** Desplazamientos en el carrete

El valor máximo del desplazamiento es 0,491 mm, y es despreciable por lo tanto se determina que el carrete no se verá afectado estructuralmente.

### 3.3.5. Factor de seguridad

En la Fig. 33 se indica el valor del factor de seguridad cuando el carrete está a la máxima capacidad.



**Figura 33.** Factor de seguridad en el carrete

La simulación muestra que el valor del factor de seguridad es superior a 2, lo que permite concluir que el diseño es correcto y satisface la carga a la cual va a estar sometido.

## CONCLUSIONES

- La metodología utilizada para el diseño fue la apropiada porque las deformaciones que se presentaban en los carretes antes de realizar el presente proyecto se redujeron a valores inferiores a 1 mm de acuerdo al análisis teórico - práctico, alcanzando de esta manera una mejora en el estándar de calidad.
- Las partes constitutivas en el modelo actual aumentaron en 3 unidades lo que provoca que el peso de la estructura también se incremente en un 17%.
- La resistencia de la estructura mejoró notablemente y en consecuencia la vida útil promedio mejoró en un 66%.
- El factor de seguridad mínimo es 6,86 lo que certifica que el diseño es apropiado.
- Mediante el uso de un Software de simulación se comprobó que en general todos los resultados obtenidos analíticamente se asemejan a los valores arrojados por el programa.
- El costo de fabricación para el caso del modelo actual del carrete tiene una variación del 12%; pese a este hecho el margen de ganancia que se genera es del 43% por cada unidad.



## **RECOMENDACIONES**

Industrias Metálicas “SITEC” debería:

- Emplear la metodología de diseño y construcción expuesta en el presente proyecto.
- Realizar un estudio para encontrar la manera de reducir el peso del carrete pero conservando o ampliando la resistencia de la estructura y la vida útil promedio.
- Establecer un procedimiento para analizar el precio de venta del carrete con el propósito de incrementar las ventas, mejorar la participación en el mercado y maximizar las utilidades.
- Efectuar un análisis profundo del funcionamiento de un carrete en tiempo y forma prolongada, incluso recurriendo a la técnica de ensayos no destructivos en la soldadura para detectar posibles problemas futuros y reducirlos.
- Usar algún producto químico o tratamiento superficial antes de aplicar la capa de pintura para mejorar la resistencia a la intemperie y evitar en lo posible la corrosión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Larousse, «Gran Diccionario de la Lengua Española,» 2016. [En línea]. Available: <http://es.thefreedictionary.com/carrete>. [Último acceso: 11 04 2017].
- [2] Electrocables, «Aplicaciones ACAR,» 2012. [En línea]. Available: <http://electrocable.com/productos/aluminios/ACAR.html>. [Último acceso: 04 07 2017].
- [3] I. H. Inc, «AWG Cross Reference Wire Sizing Chart,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.ihiconnectors.com/AWG%20wire%20sizes.htm>. [Último acceso: 28 03 2018].
- [4] Expometals.net, «Carrete con flanches dobles,» 2001. [En línea]. Available: <http://www.expometals.net/es-es/detalles-del-producto-gmp-slovakia/carretes-con-flanches-dobles>. [Último acceso: 29 07 2017].
- [5] Quiminet.com, «Los diferentes tipos de carretes,» 17 10 2011. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/los-diferentes-tipos-de-carretes-2587826.htm>. [Último acceso: 11 04 2017].
- [6] «Pro Ecuador,» 05 11 2013. [En línea]. Available: <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sector-metalmechanica-2013/>. [Último acceso: 03 03 2017].

- [7] Marketizer, «Diferentes tipos de carretes,» 17 10 2011. [En línea]. Available: <http://www.marketizer.com/articulos/los-diferentes-tipos-de-carretes-2587826.htm>. [Último acceso: 11 04 2017].
- [8] [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/los-diferentes-tipos-de-carretes-2587826.htm>.
- [9] [En línea]. Available: [http://www.nexans.com.br/SouthAmerica/2008/Package\\_es.pdf](http://www.nexans.com.br/SouthAmerica/2008/Package_es.pdf).
- [10] [En línea]. Available: [http://www.macchinespeciali.it/uploads/files/7-0000-4%20Tabella%20bobine\(IT\).pdf](http://www.macchinespeciali.it/uploads/files/7-0000-4%20Tabella%20bobine(IT).pdf).
- [11] Cablescom, «Manipulación, transporte y almacenamiento de los cables,» 09 2015. [En línea]. Available: <http://cablescom.com/wp-content/uploads/2015/09/manipulacion-transporte-y-almacenamiento-de-los-cables.pdf>. [Último acceso: 12 04 2017].
- [12] [En línea]. Available: <http://www.topcable.com/blog-electric-cable/recomendaciones-para-la-manipulacion-de-bobinas-de-gran-tamano/>.
- [13] C. eléctricos, «Manual de carretes (Parte I) Aspectos generales,» 10 03 2014. [En línea]. Available: <http://cableselectricos.cl/articulos/manual-de-carretes-parte-i-aspectos-generales/>. [Último acceso: 18 04 2017].
- [14] Expometals.net, «Carretes con flanches de pared singular,» 2001. [En línea]. Available: <http://www.expometals.net/es-es/detalles-del-producto-gmp->

- slovakia/carretes-con-flanches-de-pared-singula. [Último acceso: 29 07 2017].
- [15] [En línea]. Available: <http://www.gmp-slovakia.com/reels-and-drums/dw-double-wall/>.
- [16] Expometals.net, «Carretes para cables y cuerdas,» 2001. [En línea]. Available: <http://www.expometals.net/es-es/detalles-del-producto-gmp-slovakia/carretes-para-cables-y-cuerdas>. [Último acceso: 01 08 2017].
- [17] [En línea]. Available: <http://www.gmp-slovakia.com/reels-and-drums/cd-corrugated-drum/>.
- [18] C. Guallichico y F. Cabrera, «Caracterización del producto molido de hueso de res calcinado para su utilización como abono orgánico,» 02 2017. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13673/1/UPS-KT01351.pdf>. [Último acceso: 22 05 2017].
- [19] J. C. McCormac y S. F. Csernak, Diseño de Estructuras de Acero, México: Alfaomega Grupo Editor, 2012.
- [20] A. Meléndez y V. Quelal, «"Análisis y resultados del comportamiento de los esfuerzos residuales y las deformaciones en juntas soldadas a tope de acero A36, aplicando el método SMAW con electrodos E6011". Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPE. Sangolquí,» 2009. [En línea]. Available:

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/301/6/T-ESPE-024825-2.pdf>. [Último acceso: 18 05 2017].

[21] D. Aranda y V. Dután, «"Estudio de aceros estructurales para la construcción de carrocerías para buses" Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito,» 08 2009. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1634/1/CD-2300.pdf>. [Último acceso: 22 05 2017].

[22] Giangsu Shanchuan Metal Products Co. Ltd., «Productos y especificaciones de construcción,» [En línea]. Available: <http://www.cn-xp.com/sc/about.asp>. [Último acceso: 2018 02 11].

[23] INDURA, «Manual de sistemas y materiales de soldadura,» [En línea]. Available: <http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F00da6ac5e6754e428ecd94f1c78711cb.pdf>. [Último acceso: 11 02 2018].

[24] R. L. Mott, Resistencia de Materiales, México D.F.: Pearson Educación, 2009.

[25] Soldexa, Manual de Soldadura y Catálogo de Productos, Perú: Oerlikon, 1995.

[26] [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/search?q=soldadura+por+arco+electrico&rlz=1>

C1NHXL\_esEC706EC707&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUK  
EwixjciHs\_rTAhUE6CYKHSRdAjkQ\_AUICigB&biw=1280&bih=565#i  
mgrc=f-QQEZpGv4tLOM:.

- [27] [En línea]. Available:  
[https://www.google.com.ec/search?q=soldadura+con+aporte+de+alambre+tubular+mig&rlz=1C1NHXL\\_esEC706EC707&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwikpsCBwfrTAhUETSYKHxqBA0YQ\\_AUIBigB&biw=1280&bih=565#imgsrc=3ws845y22c6nkM:](https://www.google.com.ec/search?q=soldadura+con+aporte+de+alambre+tubular+mig&rlz=1C1NHXL_esEC706EC707&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwikpsCBwfrTAhUETSYKHxqBA0YQ_AUIBigB&biw=1280&bih=565#imgsrc=3ws845y22c6nkM:).
- [28] R. C. Hibbeler, Mecánica de Materiales, México D.F.: Pearson Educación, 2006.
- [29] R. G. Budynas y K. J. Nisbelt, Diseño en Ingeniería Mecánica de Sigley, México D.F.: Mc Graw Hill, 2008.
- [30] ASTM, «Fatiga Estructural,» [En línea]. Available:  
[http://www.imem.unavarra.es/EMyV/pdfdoc/elemaq/em-transparencias\\_fatiga.pdf](http://www.imem.unavarra.es/EMyV/pdfdoc/elemaq/em-transparencias_fatiga.pdf). [Último acceso: 04 05 2017].
- [31] A. Pytel y F. L. Singer, Resistencia de Materiales, México: Alfaomega, 2008.
- [32] [En línea]. Available: <http://www.f-e-t.com/products/completions/well-intervention/qu/downloads>.
- [33] E. Chacaguasay y C. Picho, «Diseño y construcción de una marmita cilíndrica con agitador y fondo esférico con rango de temperatura de 70 a 80 °C para producción de 70 litros de aderezo,» 04 2016. [En línea]. Available:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12227/1/UPS-KT01245.pdf>.

[Último acceso: 06 06 2017].

[34] AISC, American Institute of Steel Construction, 2005.

[35] Guayaquil, Cámara de Comercio de, «Actualización de la previsión de crecimiento económico,» 12 2017. [En línea]. Available: <http://www.lacamara.org/website/wp-content/uploads/2017/03/APE-015-Proyecciones-Macro-rev-2.pdf>. [Último acceso: 15 3 2018].

[36] BCE, 3 2018. [En línea]. Available: <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>.

[37] DIPAC, «Perfiles estructurales correas u,» 2016. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/diego/Downloads/2-canal-u%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/diego/Downloads/2-canal-u%20(3).pdf). [Último acceso: 19 09 2017].

[38] INDURA, «Alambre sólido para proceso de soldadura con protección gasea,» [En línea]. Available: [http://www.indura.cl/Descargar/INDURA%20Alambre%2070S-6%20\(veri%C3%B3n%20espa%C3%B1ol\)?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F958871aae46c486ea85edcd944dc1694.pdf](http://www.indura.cl/Descargar/INDURA%20Alambre%2070S-6%20(veri%C3%B3n%20espa%C3%B1ol)?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F958871aae46c486ea85edcd944dc1694.pdf). [Último acceso: 19 09 2017].

## **ANEXOS**

### **Anexo 1. Instructivo de Operación y Mantenimiento**

El elemento mecánico del presente estudio tiene un gran tamaño y peso por lo que la seguridad para el operario es fundamental, por esta razón se pone a disposición este manual de operación y mantenimiento.

#### **Operación del carrete**

Una vez que se calibra los brazos de la bobinadora según la altura del carrete, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- La rodadura sobre el suelo es recomendable solo cuando el carrete se encuentra vacío y para recorridos cortos.
- Para el acoplamiento del carrete en la bobinadora se debe utilizar el montacargas.
- Una vez acoplado el carrete en la bobinadora se debe verificar con un nivel la linealidad del carrete para evitar giros excéntricos.
- Cuando se ha terminado de enrollar el cable se recomienda no utilizar grúas de suspensión para su traslado debido a que el cable puede rozar al material enrollado y causar una lesión.

#### **Mantenimiento del carrete**

La experiencia indica que en general toda máquina, equipo o estructura sufren a lo largo de su vida útil una serie de degradaciones. Si no se las evita o elimina una vez aparecidas el objetivo para el que se crearon no se alcanza completamente, su rendimiento disminuye, la vida útil se reduce y además aumenta el riesgo de que estos elementos provoquen un accidente a los operarios que los manipulan.



En particular un carrete necesita mantenimiento habitual para funcionar correctamente, tener valor duradero y brindar un trabajo seguro.

El buen mantenimiento consiste en dos partes: una inspección diaria y un servicio de mantenimiento periódico (preventivo).

### **A diario**

Antes de utilizar el carrete, debe realizarse una inspección general que consiste en:

1. Limpieza rápida de todas las partes.
2. Verifique que no exista humedad porque es la causante de la corrosión o deterioro del acero.

### **Semanal**

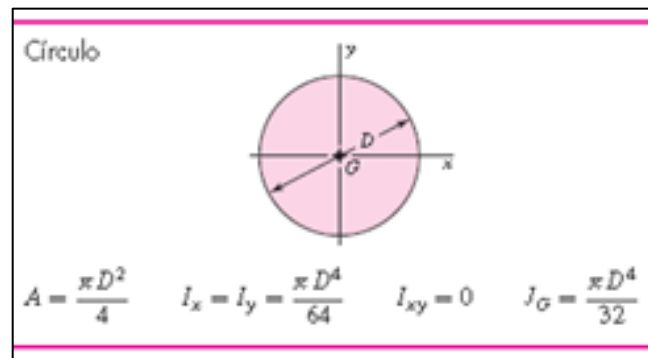
Una vez por semana deben realizarse las siguientes tareas:

1. Limpieza total y lubricación del agujero central o bocín donde se aloja el eje de la máquina rebobinadora con una grasa de buena calidad.
2. Inspección visual de las juntas soldadas y capa de pintura.

### **Anual**

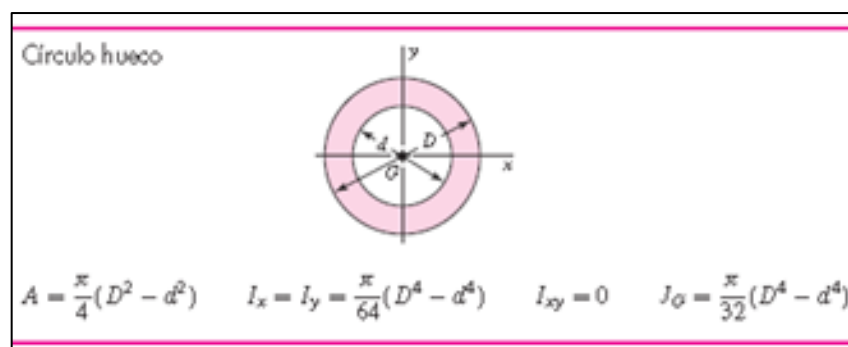
Si existiera deterioro de la soldadura se recomienda reemplazar la parte averiada completamente de esa manera se asegura que el carrete opere normalmente y la vida útil no se altere.

## Anexo 2. Propiedades geométricas



Fuente. [29].

## Anexo 3. Inercia polar



Fuente. [29].

#### Anexo 4. Dimensiones del canal U




Continuación del cuadro anterior.

Designación	Dimensiones (mm)			Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm				cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
C 200 x 50 x 2	200	50	2	4,59	5,87	0,92	316	11,8	31,6	2,88	7,34	1,42
C 200 x 50 x 3	200	50	3	6,80	8,7	0,96	462	17,1	46,2	4,23	7,29	1,4
C 200 x 50 x 4	200	50	4	8,95	11,5	1,0	600	22,1	60	5,52	7,23	1,39
C 200 x 50 x 5	200	50	5	11,05	14,2	1,05	729	26,7	72,9	6,75	7,17	1,37
C 200 x 50 x 6	200	50	6	13,08	16,81	1,09	850,8	31,18	85,08	7,97	7,11	1,36
C 200 x 60 x 5	200	60	5	11,83	15,18	1,34	853,8	45,29	85,33	9,72	7,5	1,73
C 200 x 60 x 6	200	60	6	14,02	18,01	1,39	963,8	53,04	96,37	11,5	7,31	1,71
C 200 x 60 x 8	200	60	8	18,23	23,5	1,53	1219	66,96	121,9	14,96	7,2	1,68
C 200 x 80 x 6	200	80	6	15,91	20,42	2,14	1190	120,8	119	20,61	7,63	2,43
C 200 x 80 x 8	200	80	8	20,74	26,69	2,14	1514	153,9	151,4	26,27	7,53	2,4
C 200 x 80 x 10	200	80	10	25,34	32,71	2,23	1803	183,9	180,3	31,87	7,42	2,37
C 200 x 80 x 12	200	80	12	29,71	38,47	2,32	2060	210,4	206	37,04	7,32	2,34
C 200 x 100 x 6	200	100	6	17,79	22,82	2,78	1416	225,3	141,6	31,19	7,87	3,14
C 200 x 100 x 8	200	100	8	23,25	29,89	2,87	1809	289,6	180,9	40,61	7,77	3,11
C 200 x 100 x 10	200	100	10	28,48	36,71	2,97	2165	348,6	216,5	49,59	7,67	3,08
C 200 x 100 x 12	200	100	12	34,28	43,28	3,07	2485	420,8	248,5	60,72	7,58	3,12
C 200 x 100 x 14	200	100	14	38,24	49,56	3,16	2769	451,2	276,9	65,97	7,48	3,02
C 250 x 60 x 3	250	60	3	8,45	10,8	1,1	894,5	30,27	71,56	6,18	9,1	1,67
C 250 x 60 x 4	250	60	4	11,15	14,27	1,14	1167	39,31	93,35	8,09	9,04	1,66

Fuente. [37].


## Anexo 5. Propiedades mecánicas del alambre ER 70S-6



**INDURA**  
Tecnología a su Servicio

**INDURA 70S-6**

Rev.01-010412



- Alambre sólido para proceso de soldadura con protección gaseosa.
- Certificado por CWB, ABS, LRS, GL, NKK.
- Revestimiento: colorizado.

**Clasificación:**

ASME IIC SFA 5.18/AWS A5.18  
ER 70S-6 / ER 48S-6

**Características y Campos de usos:**

- Alambre de acero al carbono de excelente soldabilidad y tolerancia a superficies oxidadas.
- Usado principalmente con gas CO<sub>2</sub> y otras muestras comerciales como el Indurmig.
- Su contenido de Silicio y Manganeso le confieren excelentes propiedades desoxidantes, lo que asegura una soldadura libre de porosidades sobre una amplia gama de trabajos.
- Se recomienda para ser usado en aceros contentes de baja aleación.
- Se utiliza en construcción recipientes a presión, soldadura de cañerías, estructuras, etc.

**Análisis Típico del metal alambre (% en peso)**


C	Mn	Si	P	S
0.08	1.44	0.86	0.012	0.014

**Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado:**

Gas	Esf. Fluencia en 0.2%, MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v
100% CO <sub>2</sub>	415	530	31	103J a -30°C

**Parámetros de Soldadura y Datos**

	0.80	0.9	1.2	1.6
Diámetro, mm				
Int. de Corr., A	60-160	90-230	130-340	290-400
Voltaje, Volts	14-26	15-27	17-30	26-36
Flujo CO <sub>2</sub> , (lit/min)	7-12	8-12	12-14	14-16

**Posición de Soldadura**  **CCEP**

INDURA 70S-6

INDURA S.A. – Centro de Servicio al Cliente 600 600 3030 – [www.indura.net](http://www.indura.net)

1

Fuente. [38].

## **Anexo 6. Proceso de fabricación del carrete**

### **a. Barolado del cilindro central**



### **b. Barolado de ángulo de soporte exterior**



### **c. Embutido de los pliegues**



**d. Ensamblaje soporte exterior y cilindro**

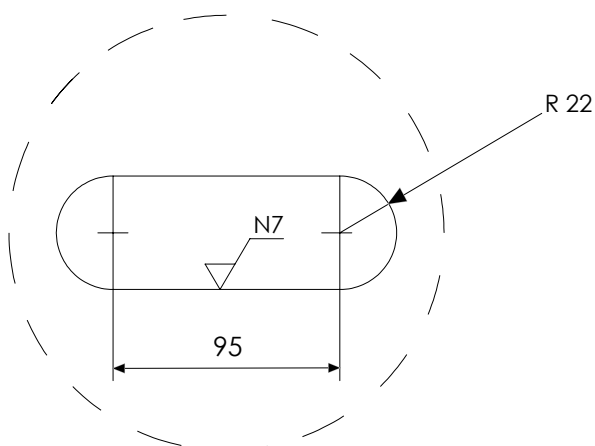
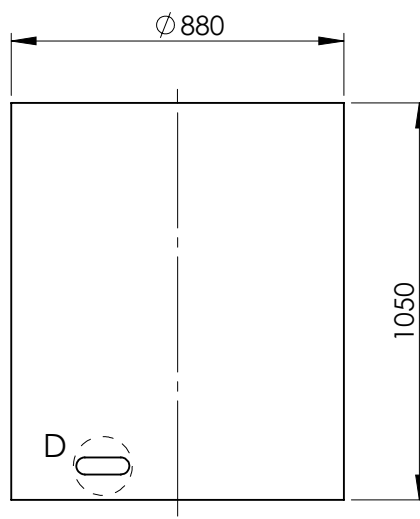
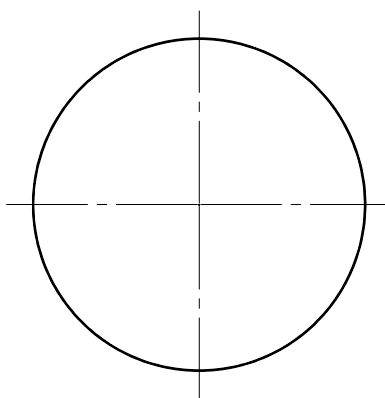


**e. Ensamblaje de los pliegues**

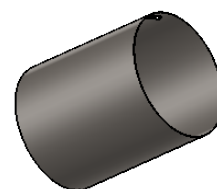


**f. Vista frontal y lateral del carrete terminado**





DETALLE D  
ESCALA 1: 5

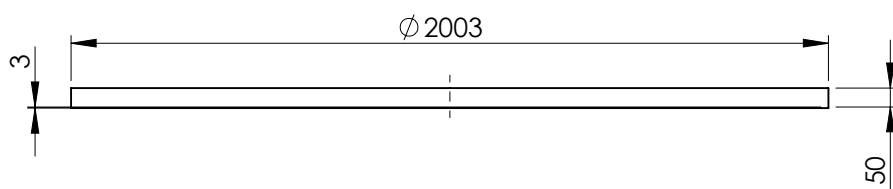
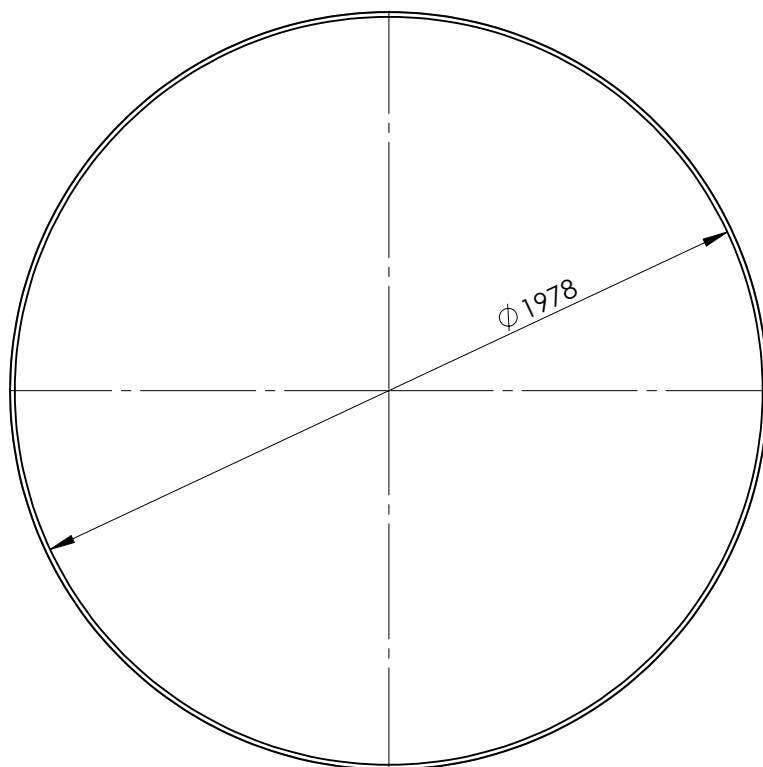


e = 3 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 880 x 1050 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
Plano cilindro	Escala: 1:20	Código:	10.110630 8906030.01	Tol. Gral ±1	
VERIF.					

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 872 x 200 x 6 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva rojo				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseñó:	Guallichico D. Pico D.		2017/06/26
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.		2017/06/26
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.		2017/06/26
Soporte central  VERIF.	Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.02		Tol. Gral ± 1

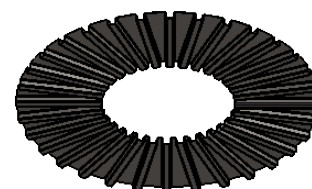
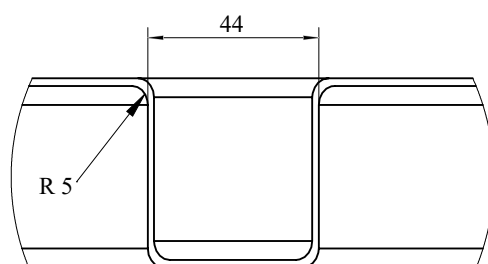
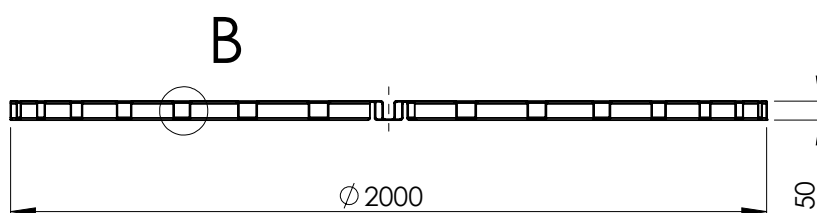
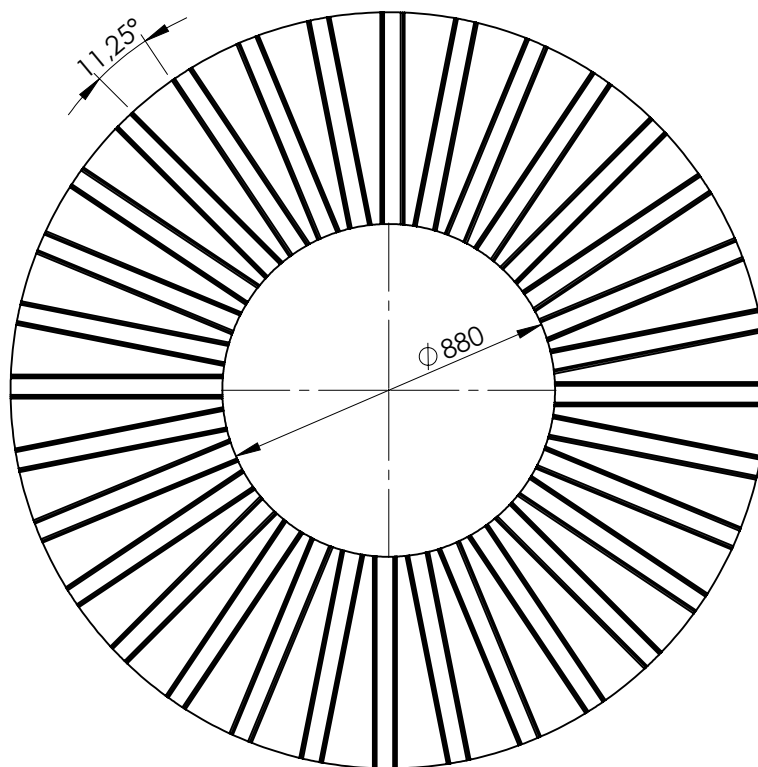




e = 3 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: Ángulo 6293 x 50 x 3 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
Ángulo soporte exterior	Escala: 1:20	Código:	10.110630 8906030.03	Tol. Gral ± 1	

VERIF.

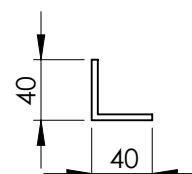
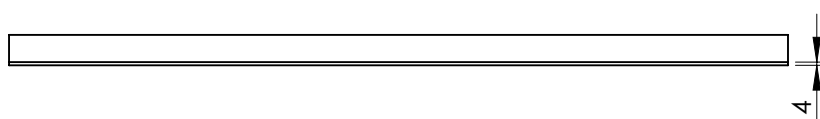


DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

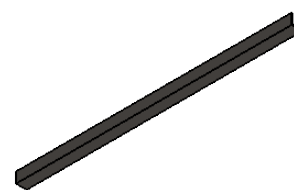
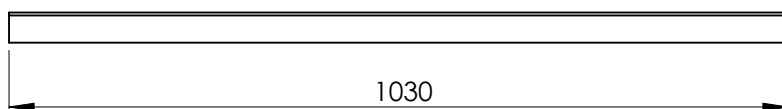
$e = 1\text{mm}$

**Nota:** Para armar el conjunto pliegues, previamente se debe unir 3 planchas de tool de 560 x 2440 mm mediante soldadura GMAW

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 7320 x 1 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
VERIF.	Pliegues	Escala: 1:20	Código:	10.110630 8906030.04	Tol. Gral $\pm 1$

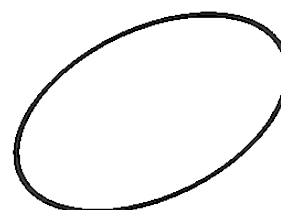
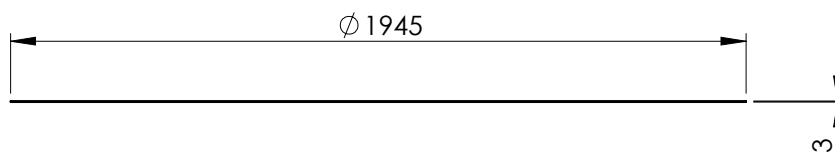
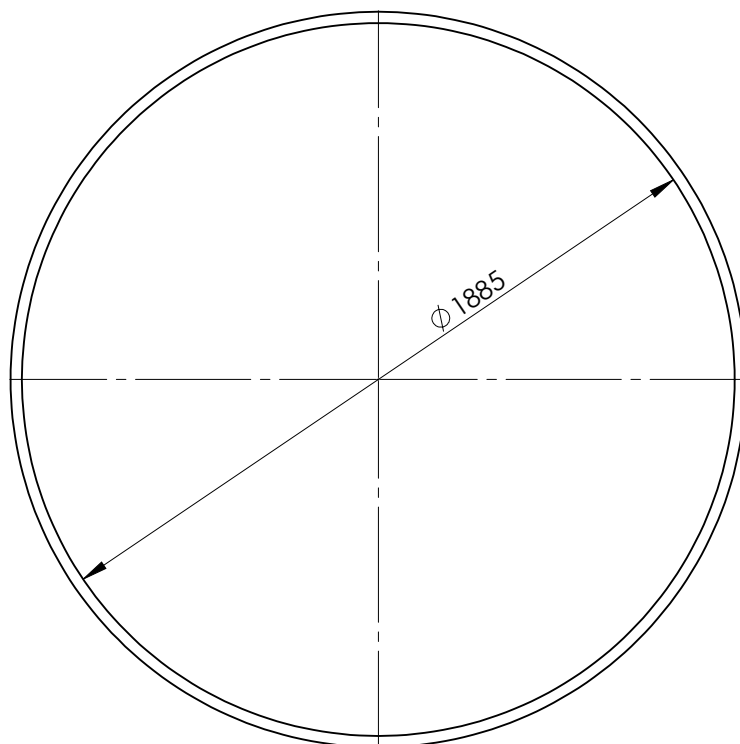


Esc 1:5

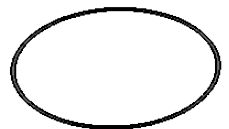
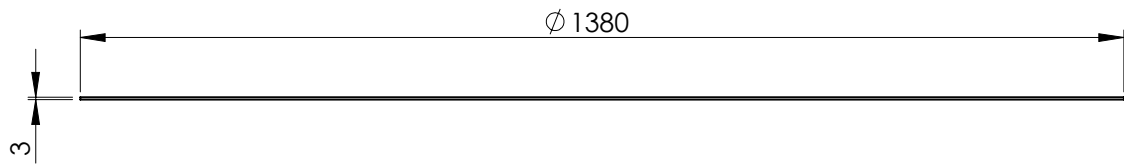
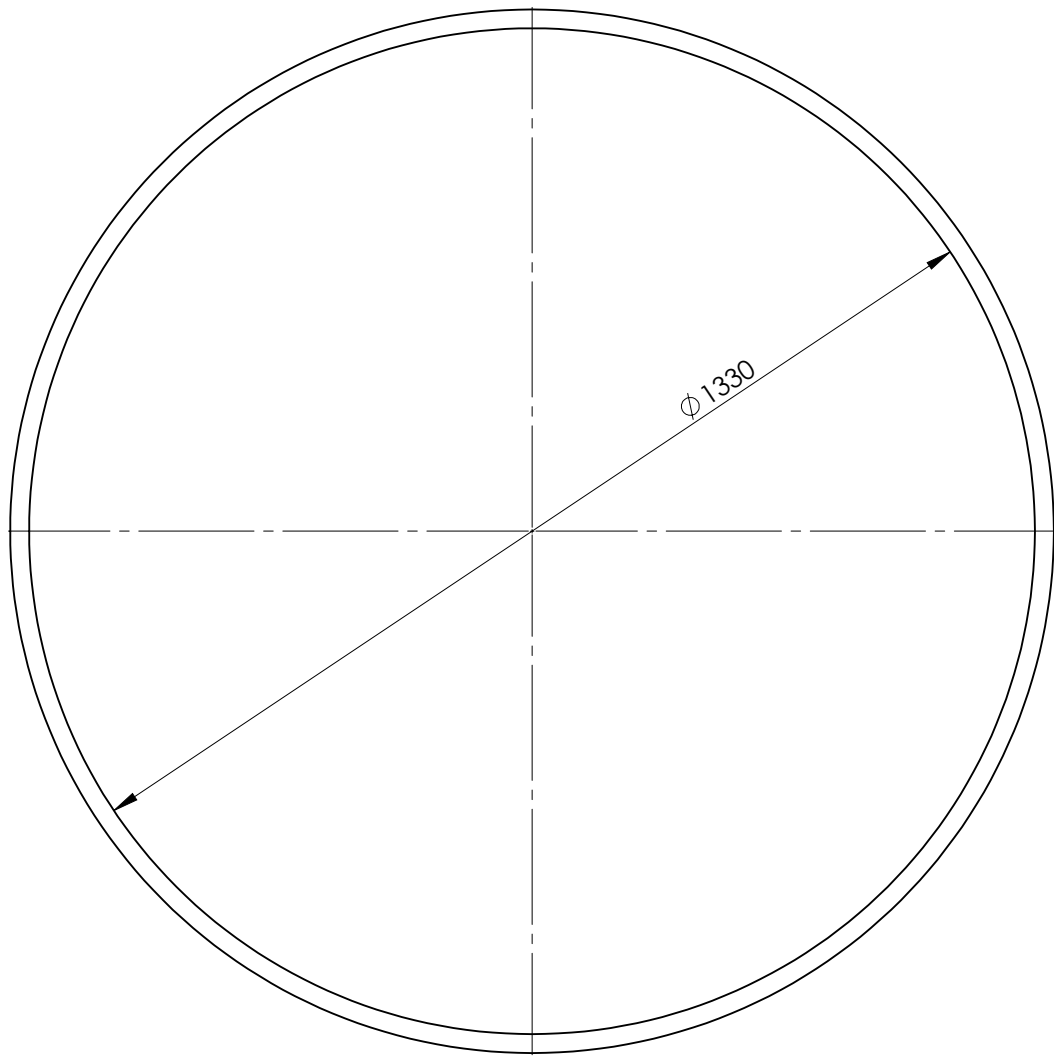


e = 4 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 1030 x 40 x 4	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.		2017/06/26
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.		2017/06/26
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.		2017/06/26
Ángulo soporte del cilindro	Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.05		Tol. Gral ±1
VERIF.					

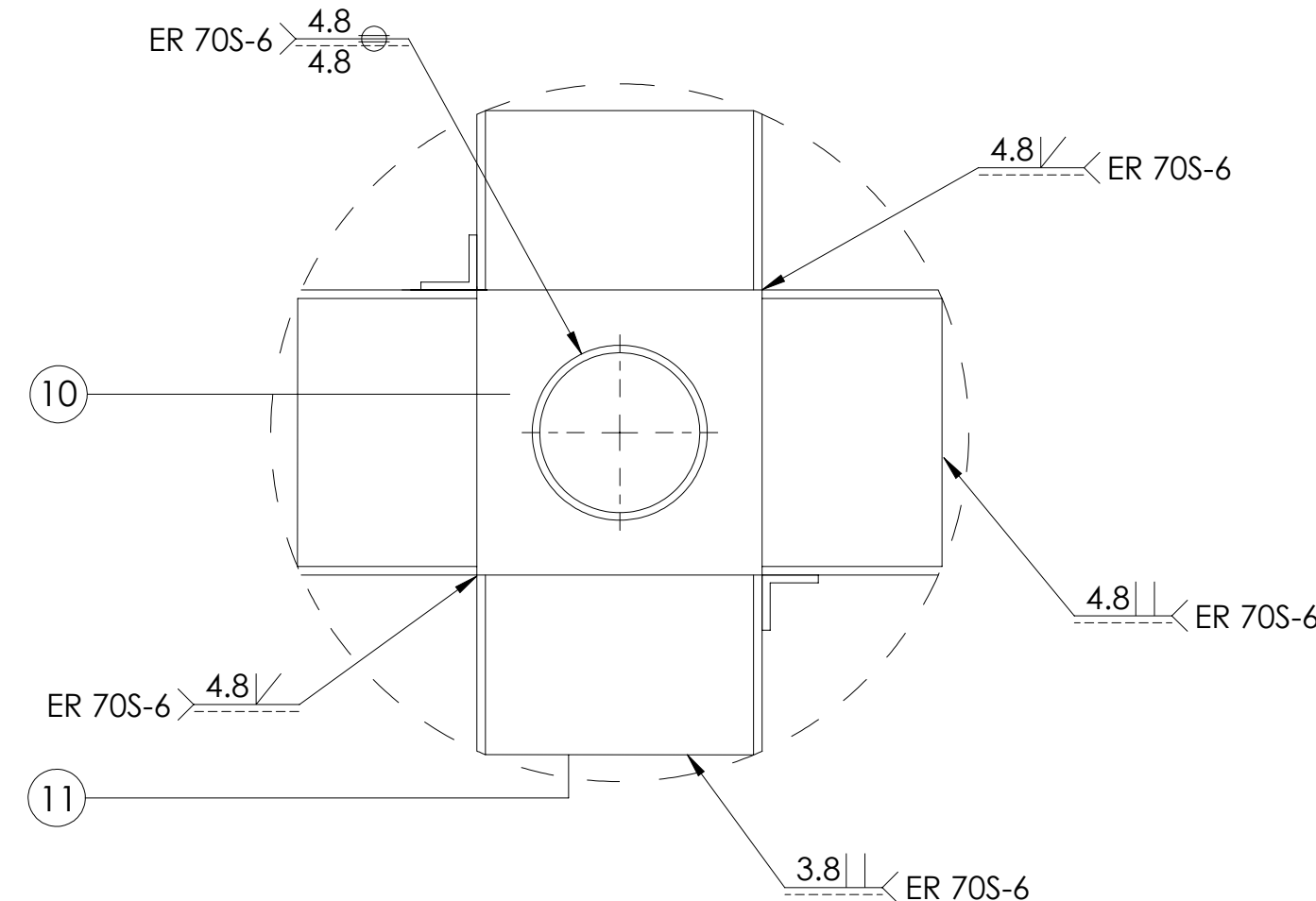
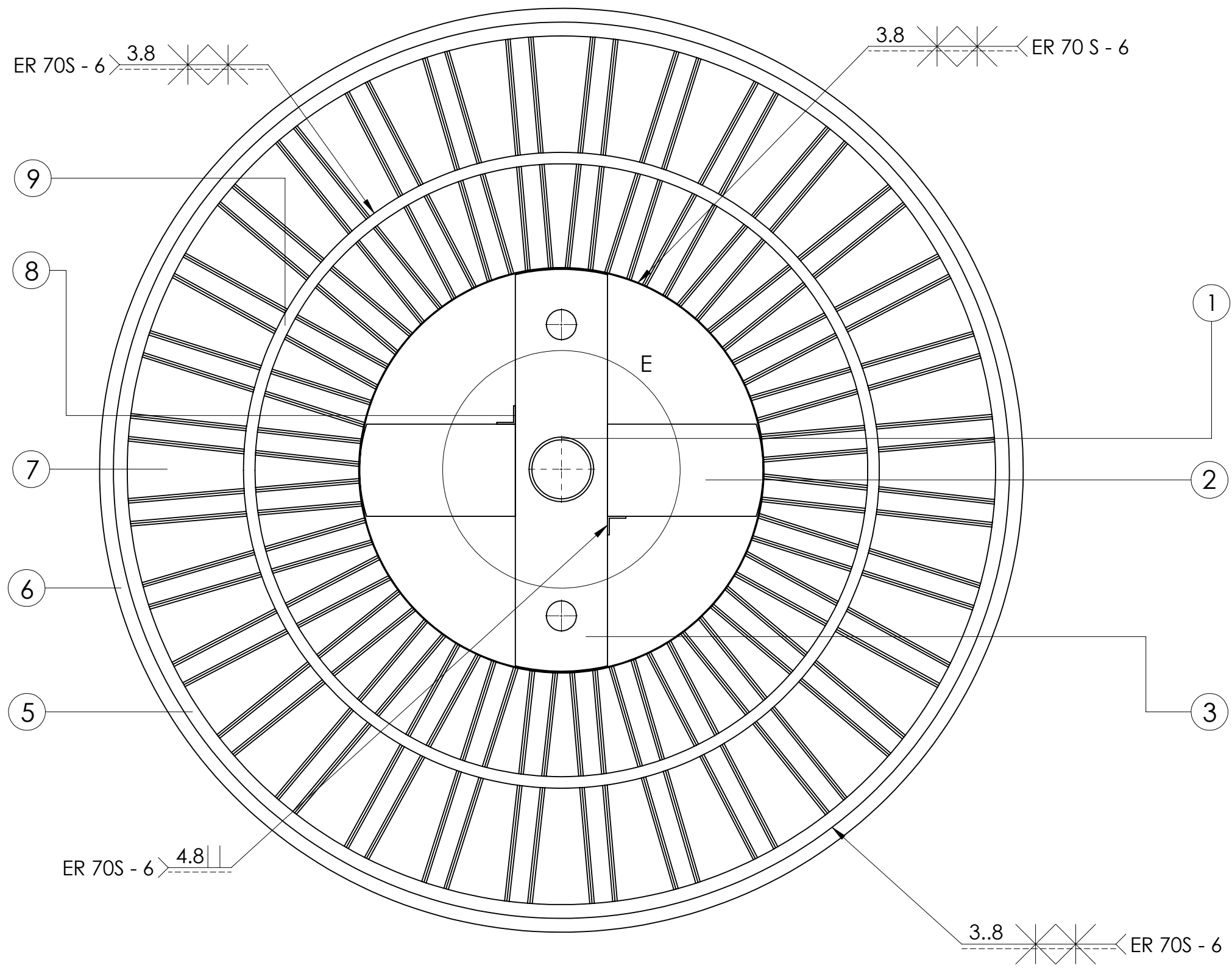


Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 6107 x 25 x 3 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26
			Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26
			Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26
Platina refuerzo exterior VERIF.		Escala: 1:20	Código:	10.110630 8906030.06	Tol. Gral ±1

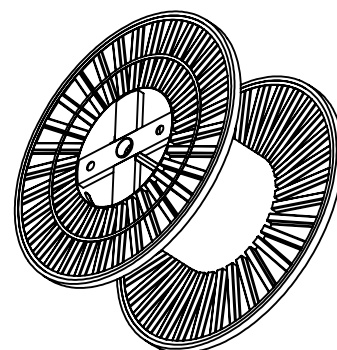
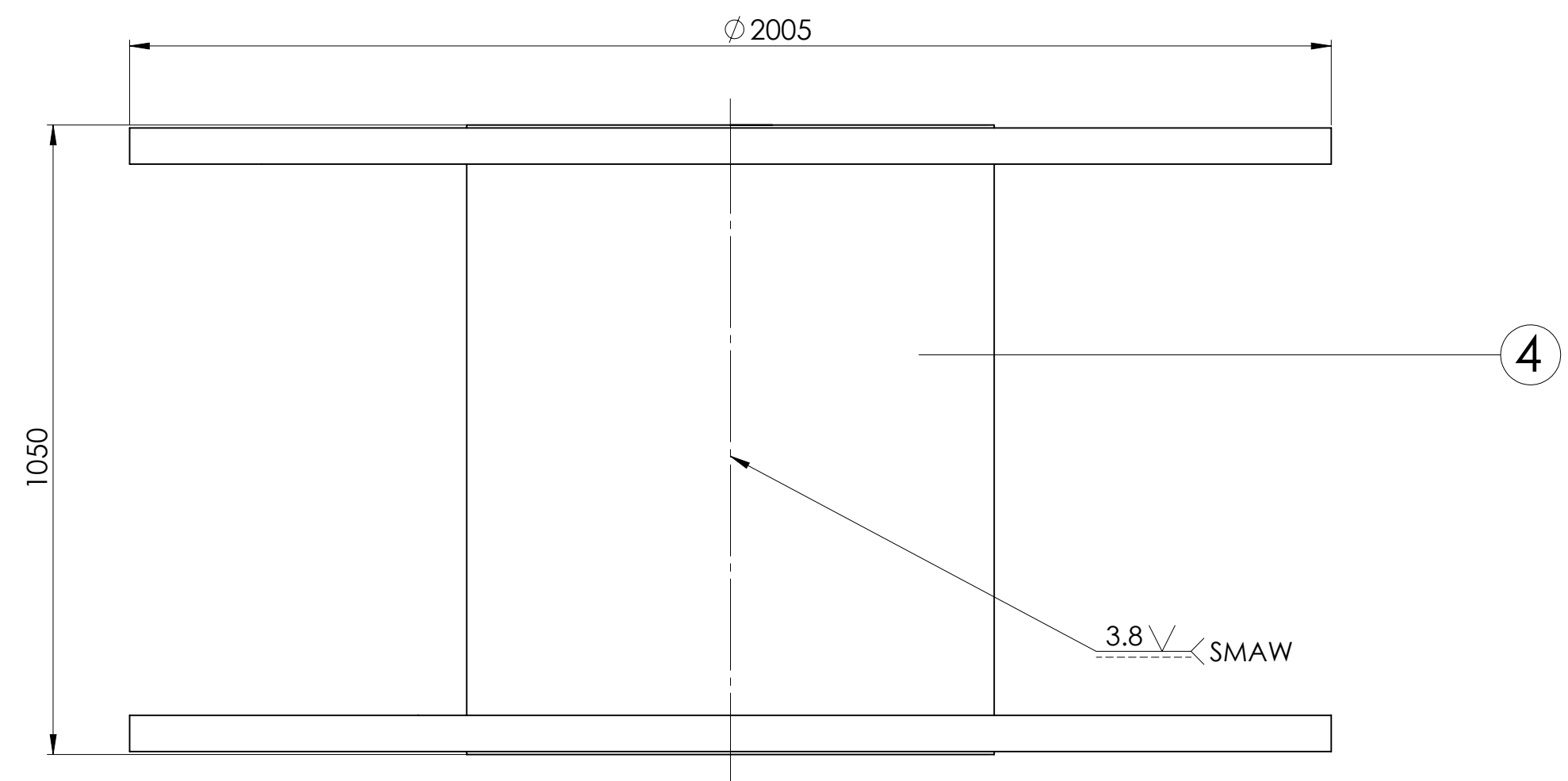


e = 3 mm

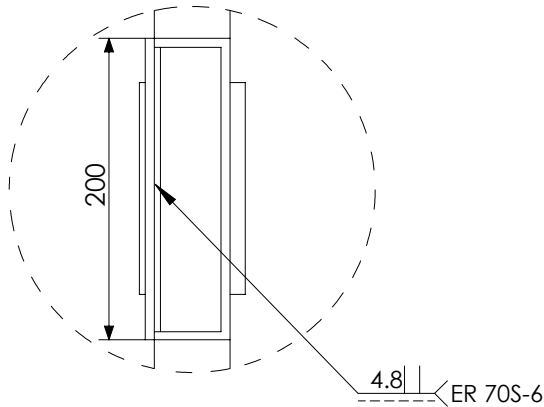
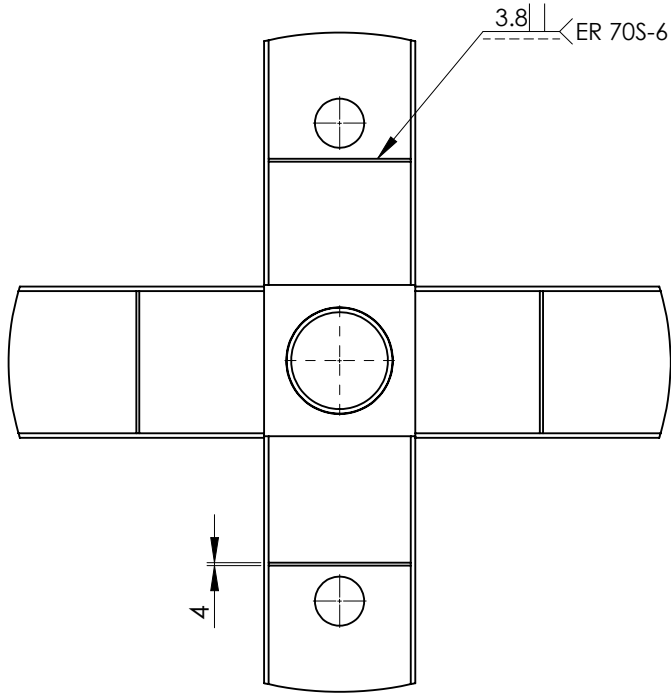
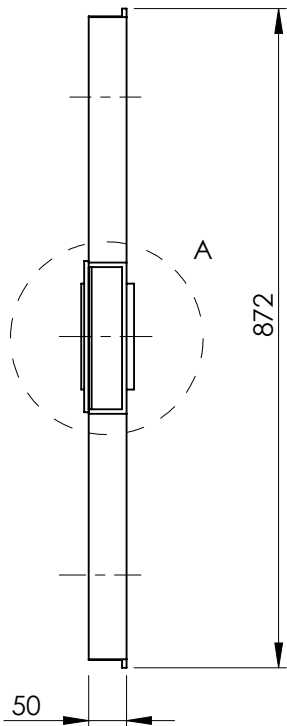
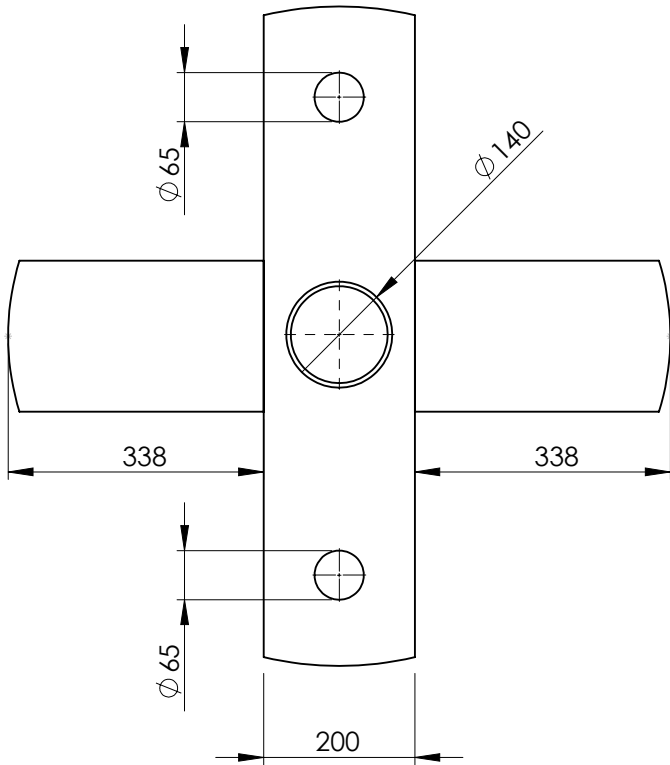
Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 4333 x 25 x 3	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva rojo				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
Platina de refuerzo de los pliegues	Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.07	Tol. Gral ±1	



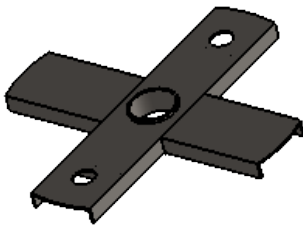
Detalle E  
Escala 1:5



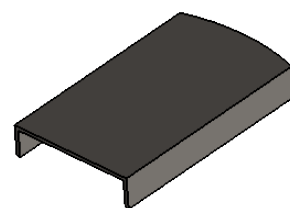
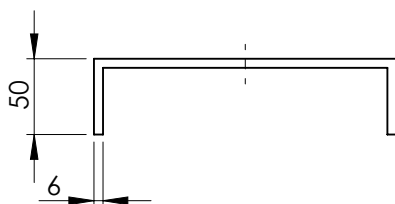
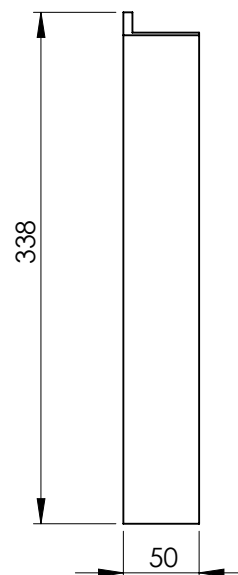
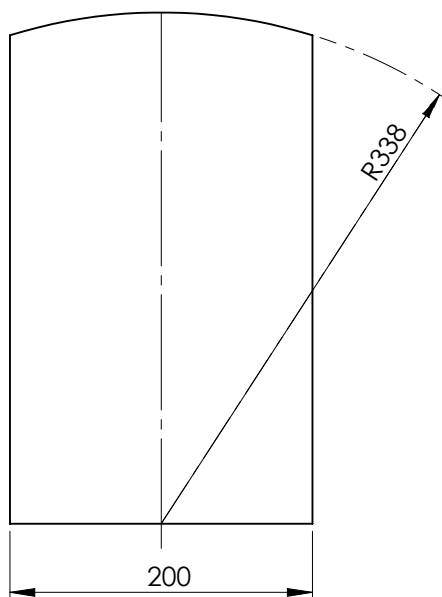
11	Rigidizador	Plt Acero A36	10.110630 8906030.00.01.03	188 x 3	8
10	Brida	Plt Acero A36	10.110630 8906030.00.01.02	200 x 6	2
9	Platina soporte de pliegues	Plt Acero A36	10.110630 8906030.07	4333 x 25	2
8	Ángulo soporte del cilindro	Ángulo 40 x 40 Acero A36	10.110630 8906030.05	1030 x 4	2
7	Pliegues	Placa Acero A36	10.110630 8906030.04	7320 x 1	2
6	Ángulo soporte exterior	Ángulo 50 x 50 Acero A36	110.110630 8906030.03	6299 x 3	2
5	Platina de refuerzo exterior	Plt Acero A36	10.110630 8906030.06	6107 x 3	4
4	Cilindro	Placa Acero A36	10.110630 8906030.01	1050 x 3	1
3	Soporte central	Perfil U 200 x 50 x 3	10.110630 8906030.02	872	2
2	Soporte lateral	Perfil U 200 x 50 x 3	10.110630 8906030.00.01.01	338	4
1	Bocín	TRdiámetro 140 x 6	10.110630 8906030.00.02.01	70	2
N° Elemento	Nombre de la pieza	Descripción	Norma	Longitud (mm)	Cantidad
Tratamiento Térmico		N/A	Material: Acero A 36		Dim. Brutas:
Recubrimiento		Pintura Anticorrosiva gris mate			
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017-06-27
			Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017-06-27
			Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017-06-27
Plano de conjunto		Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.08	Tol. Gral. ±1



DETALLE A  
Escala 1:5



Tratamiento Térmico	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 872 x 872 x 6 mm	
Recubrimiento	Pintura Anticorrosiva rojo				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S		Diseño:	Guallichico D. Pico D.
				Dibujó:	Guallichico D. Pico D.
				Revisó:	Ing. Quitiaquez P.
Ensamble soporte central		Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.00.01	Tol. Gral ±1
VERF.					

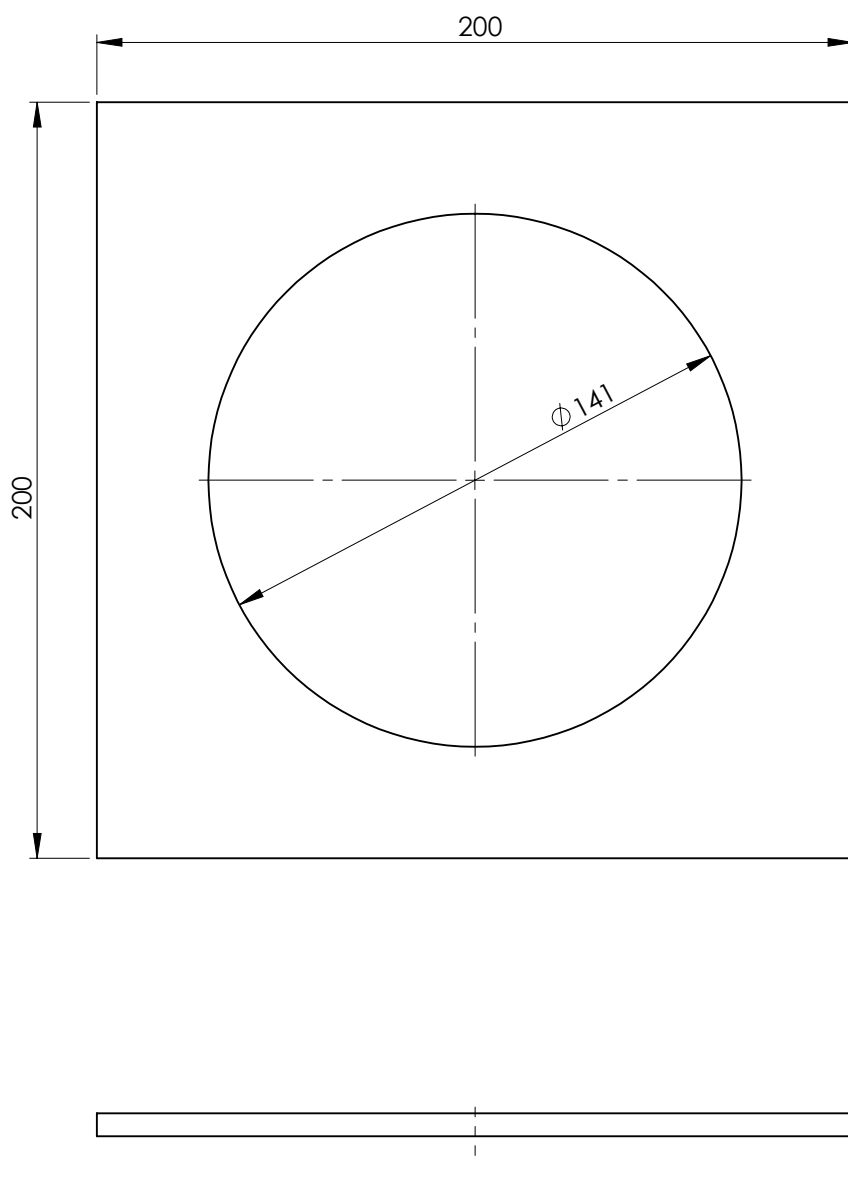


$e = 6 \text{ mm}$

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 338 x 200 x 6 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva rojo				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26
			Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26
			Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26
Soporte lateral VERIF.		Escala: 1:5	Código:	10.110630 8906030.00.01.01	Tol. Gral ±1

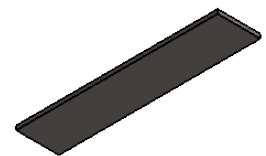
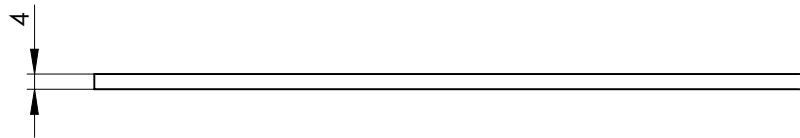
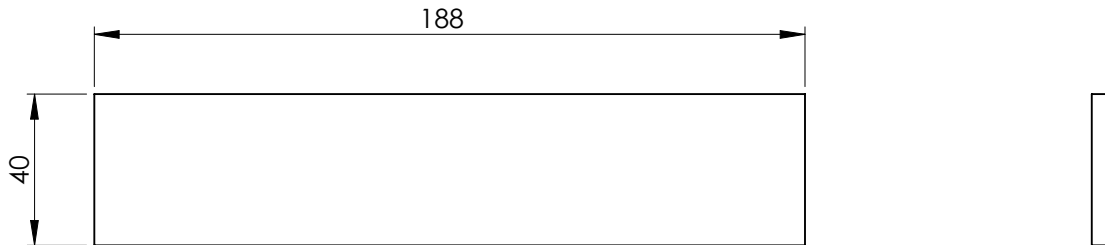
VERIF.





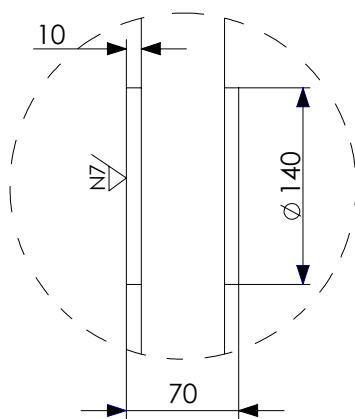
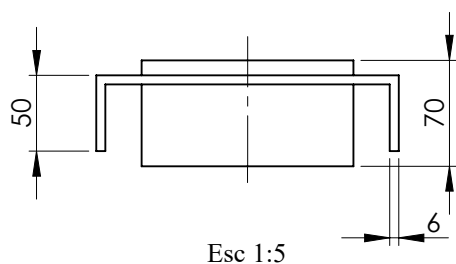
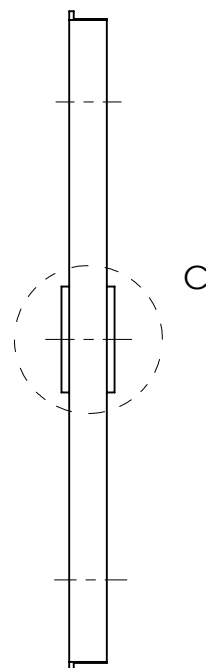
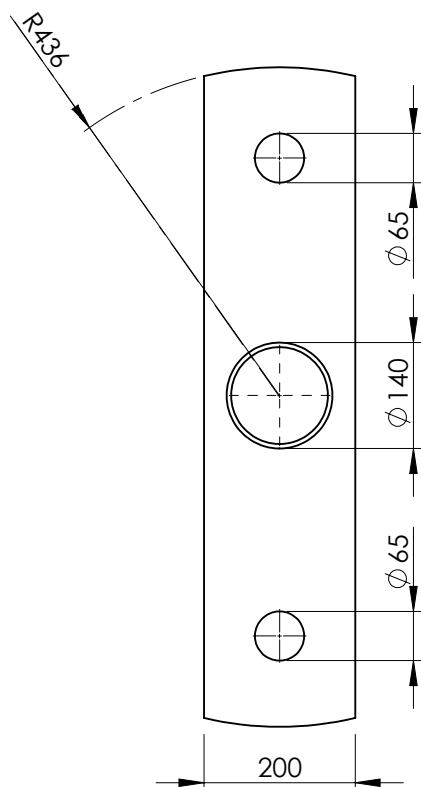
e = 6 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 200 x 200 x 6 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
VERIF.	Brida	Escala: 1:2	Código:	10.110630 8906030.00.01.02	Tol. Gral $\pm 1$



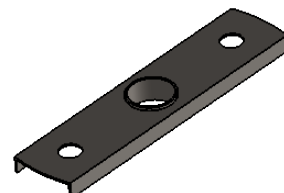
e = 4 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 188 x 40 x 4 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
VERIF. Rigidizador	Escala: 1:2	Código:	10.110630 8906030.00.01.03	Tol. Gral ±1	

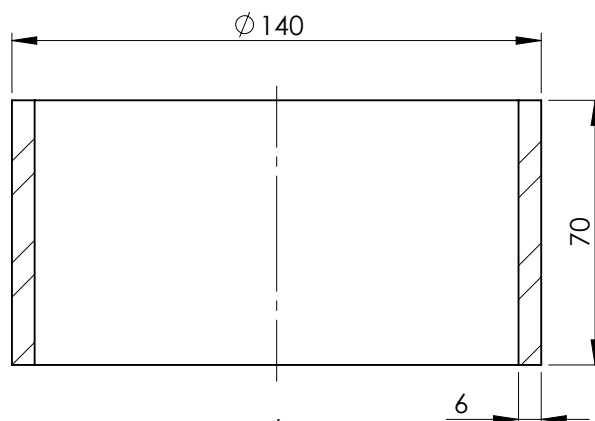


DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

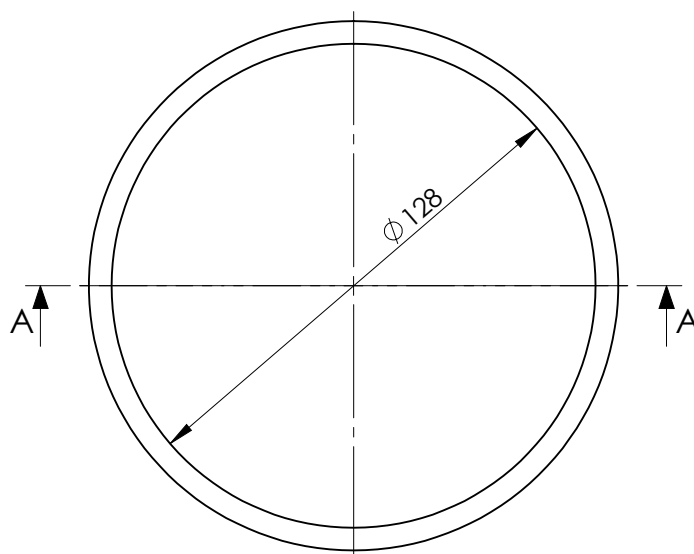
e = 6 mm



Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 876 x 200 x 50 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva rojo				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		U.P.S.		Diseño:	Guallichico D. Pico D.
				Dibujó:	Guallichico D. Pico D.
				Revisó:	Ing. Quitiaquez P.
Soporte y bocín	Escala: 1:10	Código:	10.110630 8906030.00.02	Tol. Gral ±1	
VERIF.					



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2



e = 6 mm

Tratamiento térmico:	N/A	Material: Acero A36		Dim. Brutas: 140 x 70 x 6 mm	
Recubrimiento:	Pintura Anticorrosiva gris mate				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	U.P.S.	Diseño:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Dibujó:	Guallichico D. Pico D.	2017/06/26	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez P.	2017/06/26	
VERIF.	Bocín central	Escala: 1:20	Código:	10.110630 8906030.00.02.01	Tol. Gral ±1